



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



## **CONTROL DE LA DESVIACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEA CON PLATAFORMA TREPADORA ALIMAK EN LA UNIDAD MINERA SAN VICENTE PAN AMERICAN SILVER – BOLIVIA**

### **TESIS**

#### **PRESENTADA POR:**

**Bach. ALEX QUISPE QUISPE**

#### **PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**Control de la desviación en la construcción de chimenea con plataforma trepadora Alimak en la Unidad Minera San Vicente e Pan American Silver - Bolivia**

AUTOR

**Alex Quispe Quispe**

RECUENTO DE PALABRAS

**17627 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**94823 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**110 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**5.8MB**

FECHA DE ENTREGA

**May 9, 2023 8:48 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**May 9, 2023 8:49 AM GMT-5**


### ● 17% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

  
**Dr. Anibal Sucari Leon**  
DOCENTE  
E.P. DE INGENIERÍA DE MINAS  
UNA - PUNO



Resumen



## DEDICATORIA

*A Dios por iluminarme siempre el camino  
a seguir y permitirme llegar hasta este  
punto brindándome salud, fortaleza y  
valor para lograr mis objetivos.*

*Con mucho amor a mis padres Braulio y  
Esperanza, por su apoyo incondicional  
para lograr mis objetivos y aspiraciones,*

*A mis hermanos Vilma, Jose Luis, Raul,  
Cecilia, Vanessa, Maricielo, Ana Maria,  
quienes me apoyaron y estuvieron  
conmigo cuando más los necesite*

**Alex.**



## AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecer a Dios por permitirme llegar hasta esta instancia de mi vida. A mi alma mater la Universidad Nacional del Altiplano, en especial a la Facultad de Ingeniería de Minas, por brindarme la oportunidad de cristalizar mi anhelo de superación profesional, por cobijarme en sus aulas y a los ingenieros por formarme como futuro Ingeniero de Minas, y encaminarme para servir a la sociedad.

A mi esposa por apoyarme incondicionalmente y a mi familia por siempre apoyarme en los objetivos trazados, a mis amigos que siempre estuvieron apoyándome durante mi estadía en la Universidad.

A la contrata Sotecmin SRL, Lic. Mariluz Dávila Falcon Gerente general, por depositar la confianza y brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente. A la Unidad Minera San Vicente – Pan American Silver Bolivia por haberme permitido desarrollar la presente investigación.

De la misma manera mi agradecimiento a todos los trabajadores mineros, con quienes compartí muchas horas de trabajo y experiencias.

**Alex.**



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ANEXOS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 14**

**ABSTRACT..... 15**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 16**

**1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... 16**

1.2.1. Pregunta general..... 16

1.2.2. Preguntas específicas ..... 17

**1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN..... 17**

1.3.1. Hipótesis general..... 17

1.3.2. Hipótesis específicas ..... 17

**1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 17**

1.4.1. Objetivo general..... 17



1.4.2. Objetivos específicos .....	18
<b>1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>18</b>

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
2.2.1. Métodos de construcción de chimeneas.....	21
2.2.2. Método convencional.....	22
2.2.3. Método mecanizado .....	24
2.2.4. Plataforma y jaula de seguridad Alimak.....	26
2.2.5. Tipos de equipo Alimak.....	26
2.2.6. Consideraciones para su elección de realizar chimeneas Alimak.....	26
2.2.7. Características .....	27
2.2.8. Componentes.....	28
2.2.9. Cámara de estación para jaula trepadora .....	33
2.2.10. Longitud máxima de chimeneas con plataforma trepadora .....	34
2.2.11. Consideraciones para el cálculo de accesorios Alimak .....	34
2.2.12. Carril de servicio (A) .....	34
2.2.13. Carriles curvos (B).....	35
2.2.14. Número de carriles de seguridad (C) .....	35
2.2.15. Número de carriles guía (D) .....	36
2.2.16. Cantidad de anillos obturadores (O’rings).....	36



2.2.17. Cálculo de pernos de grado 8 de $\frac{3}{4}$ " x 5" .....	36
2.2.18. Cálculo de pernos de grado 8 de $\frac{3}{4}$ " x 3 $\frac{1}{2}$ " .....	37
2.2.19. Cálculo de pernos de grado 8 de $\frac{3}{4}$ " x 2" .....	38
2.2.20. Cálculo de tuercas de grado 8 de $\frac{3}{4}$ " .....	38
2.2.21. Cálculo de ángulos de soporte .....	38
2.2.22. Cálculo de pernos de cabeza expansiva .....	39
2.2.23. Espaciadores .....	39
<b>2.3. MÉTODO PARA ALINEAMIENTO DE UNA CHIMENEA .....</b>	<b>40</b>
<b>2.4. REGRESIÓN LINEAL SIMPLE.....</b>	<b>42</b>
<b>2.5. GEOLOGÍA .....</b>	<b>43</b>
2.5.1. Geología Regional y Local .....	45
2.5.2. Geología estructural .....	46
<b>2.6. MINERALOGÍA .....</b>	<b>47</b>
2.6.1. Mineralización y Alteración .....	47
2.6.2. Sector tajos .....	48
2.6.3. Sector central de mina San Vicente .....	48
2.6.4. Características del macizo rocoso .....	50
2.6.5. Geo Estructuras .....	51
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES Y METODOS</b>	
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>53</b>
3.1.1. Ubicación .....	53



3.1.2. Acceso.....	53
3.1.3. Delimitación del área de investigación .....	54
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>54</b>
3.2.1. Población .....	54
3.2.2. Muestra .....	55
3.2.3. Muestreo .....	55
<b>3.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>55</b>
3.3.1. Enfoque de investigación.....	55
3.3.2. Tipo de investigación.....	56
3.3.3. Diseño de investigación .....	56
<b>3.4. PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>56</b>
<b>3.5. VARIABLES .....</b>	<b>56</b>
3.5.1. Variable independiente .....	56
3.5.2. Variable dependiente .....	56
<b>3.6. TÉCNICA DE RECOLECCION DE DATOS.....</b>	<b>57</b>
3.6.1. Pasos para el control de la desviación.....	57

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>58</b>
4.1.1. Resultados para el objetivo general: .....	58
4.1.2. Resultados para el primer objetivo específico: .....	61
4.1.3. Resultados para el segundo objetivo específico.....	62





<b>4.2. DISCUSIÓN .....</b>	<b>67</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>70</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>74</b>

**Área:** Ingeniería de Minas.

**Línea:** Desarrollo de labores mineras y otras excavaciones.

**FECHA DE SUSTENTACION:** 11 de mayo de 2023



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características de la jaula trepadora Alimak .....	28
<b>Tabla 2.</b> Peso de componentes de la jaula principal del equipo Alimak.....	30
<b>Tabla 3.</b> Secuencia paragenética. ....	50
<b>Tabla 4.</b> Propiedades de la Roca Intacta .....	51
<b>Tabla 5.</b> Ubicación Geográfica. ....	53
<b>Tabla 6.</b> Vías de acceso a la unidad minera .....	54
<b>Tabla 7.</b> Datos comparativos a 15 m del eje principal y regresión lineal simple .....	58
<b>Tabla 8.</b> Resultado de cálculo realizado en regresión lineal simple .....	59
<b>Tabla 9.</b> Datos comparativos cada 20 m con respecto al eje principal .....	60
<b>Tabla 10.</b> Datos de la desviación cada 5 m con respecto al eje del proyecto inicial .....	61
<b>Tabla 11.</b> Elementos para el control de dirección.....	64
<b>Tabla 12.</b> Resultado de obtención de datos pronóstico, reales y la diferencia.....	65



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Raise Boring: La SBM 700 SR .....	24
<b>Figura 2.</b> Equipo principal Alimak .....	25
<b>Figura 3.</b> Geomecánica biewniaski .....	27
<b>Figura 4.</b> Equipo Alimak principal .....	28
<b>Figura 5.</b> Equipo Alimak (uso para emergencias) .....	31
<b>Figura 6.</b> Bomba de alta presión .....	32
<b>Figura 7.</b> Plataforma de trabajo Alimak según la forma de la sección .....	33
<b>Figura 8.</b> Método de alineamiento en una chimenea. ....	41
<b>Figura 9.</b> Ejemplo de distancia entre puntos y desviación.....	41
<b>Figura 10.</b> Problemas que ocasiona una desviación. ....	42
<b>Figura 11.</b> Instalación de puntos en el techo de chimenea Alimak. ....	63
<b>Figura 12.</b> Uso de plomadas para el control de dirección.....	64
<b>Figura 13.</b> Comparación de desviaciones .....	66
<b>Figura 14.</b> Curva de desviación real y desviación pronostico .....	67



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Componentes de equipo y accesorios Alimak .....	75
<b>Anexo 2.</b> Veta 6 de agosto.....	76
<b>Anexo 3.</b> Figura de informe geomecanico de chimenea N° 1 de long. 182 m.....	77
<b>Anexo 4.</b> Carriles en mal estado .....	78
<b>Anexo 5.</b> Equipo principal Alimak en mantenimiento .....	79
<b>Anexo 6.</b> Desviación en longitud de chimenea .....	79
<b>Anexo 7.</b> Opt de pets anclaje de carril en chimenea Raise Climber.....	80
<b>Anexo 8.</b> Pets de anclaje de carril en chimenea Riase Climber.....	81
<b>Anexo 9.</b> Capacitación al personal sobre uso de punto dirección .....	84
<b>Anexo 10.</b> Pintado de eje a 40cm del eje lado piso .....	85
<b>Anexo 11.</b> Instalación de punto dirección en techo de chimenea.....	86
<b>Anexo 12.</b> Comunicación de chimenea de longitud 182 m.....	87
<b>Anexo 13.</b> <i>Figura de ubicación de la Unidad Minera San Vicente</i> .....	88
<b>Anexo 14.</b> Figura del plano de realización de chimenea de long. 182 m y desviación..	89
<b>Anexo 15.</b> Figura del plano geomecanico de chimenea Alimak 1 .....	90
<b>Anexo 16.</b> Figura del plano litológico de chimenea Alimak 1.....	91
<b>Anexo 17.</b> Mapeo de procesos.....	92
<b>Anexo 18.</b> Declaración jurada de autenticidad de tesis .....	110
<b>Anexo 19.</b> Autorización para el deposito de tesis de investigación en repositorio .....	111



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>Sotecmin</b>	: Sostenimiento Técnico Minero
<b>SRL</b>	: Sociedad de Responsabilidad Limitada
<b>S.A.C.</b>	: Sociedad Anónima Cerrada
<b>m.s.n.m.</b>	: metros sobre el nivel del mar
<b>E</b>	: East (este)
<b>W</b>	: Oeste (oeste)
<b>N</b>	: North (norte)
<b>S</b>	: South (sur)
<b>NE</b>	: Northeast (noreste)
<b>SW</b>	: Southwest (suroeste)
<b>Pasbol</b>	: Pan American Silver Bolivia
<b>Comibol</b>	: Corporación Minera Bolivia
<b>Kg</b>	: kilo gramo
<b>Nt</b>	: número de taladros.
<b>Dt</b>	: espaciamiento de los taladros del perímetro.
<b>Opt</b>	: observación planeada del trabajo



## RESUMEN

La Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia, Políticamente está ubicado en la provincia de Sud Chichas, departamento de Potosí, en el país de Bolivia. La explotación es realizada mediante el método de sub level stoping (taladros largos) y el método convencional (shrinkage), en el desarrollo de profundización para la extracción de mineral se planteó realizar chimeneas con jaula trepadora Alimak, en la cual se realizaron cinco chimeneas, siendo la chimenea N° 1 en el nivel -240 al nivel -70, En donde se llega a desviar 1,74 m del eje principal, en un avance de 24 m, lo cual generó una disconformidad con Pasbol, como también multar a la contratista y el punto de comunicación no se realizaría como lo planificado. El objetivo de la investigación fue controlar la desviación en la construcción de chimenea con plataforma trepadora Alimak en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia. La metodología de investigación fue de tipo cuantitativo, el tipo de investigación descriptivo, el diseño no experimental. Encontrando como resultado, que cambiando la dirección a  $201^{\circ}00'AZ$  y realizando un pronóstico mediante regresión lineal con respecto al proyecto inicial en distancias de 15 y 20 m, se obtiene mejores resultados cuando se realiza las mediciones cada 15 m. Concluyendo que el traslado de puntos de dirección para el control de la desviación se realizó cada 15 m, de esta manera se llega a comunicar la chimenea con plataforma trepadora Alimak en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia como lo planificado al inicio del proyecto.

**Palabras claves:** Alimak, carriles, chimenea, punto dirección, desviación



## ABSTRACT

The San Vicente Pan American Silver Mining Unit - Bolivia, is politically located in the province of Sud Chichas, department of Potosí, in the country of Bolivia. The exploitation is carried out using the sub level stoping method (long holes) and the conventional method (shrinkage), in the development of deepening for mineral extraction it was proposed to make chimneys with Alimak climbing cage, in which five chimneys were made, chimney No. 1 being at level -240 to level -70, where it deviates 1.74 m from the main axis, in an advance of 24 m, which generates a disagreement with Pasbol, as well as fines the contractor and the communication point would not be carried out as planned. The objective of the investigation was to control the deviation in the construction of the chimney with an Alimak climbing platform in the San Vicente Pan American Silver Mining Unit - Bolivia. The research methodology was quantitative, the type of research descriptive, the non-experimental design. Finding as a result, that changing the direction to  $201^{\circ}00'AZ$  and making a forecast by linear regression with respect to the initial project at distances of 15 and 20 m, better results are obtained when measurements are made every 15 m. Concluding that the transfer of direction points for the control of the deviation was carried out every 15 m, in this way it is possible to communicate the chimney with the Alimak climbing platform in the San Vicente Pan American Silver Mining Unit - Bolivia as planned at the beginning of the project.

**Keywords:** Alimak, lanes, chimney, direction point, deviation



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Pan American silver - Bolivia en el desarrollo de sus labores de profundización para la recuperación de mineral se planteó realizar chimeneas con jaula trepadora Alimak, como son: Ch - Alimak N° 2 Nivel - 285 (Union) al Nivel -210), Ch - Alimak N° 4 Nivel -240 al Nivel -190, Ch - Alimak N° 2 Nivel -210 al Nivel -110, Ch - Alimak N° 2 Nivel - 285 (Litoral) al Nivel -210, Ch - Alimak N° 1 Nivel - 240 al Nivel -70), siendo la chimenea N° 4 donde se realizó la chimenea con inclinación y dirección variable, posterior a ello se realizó una chimenea en el nivel -285, donde ya se tuvo una llamada de atención por desviación, llegando a ser más evidente cuando se realizó la chimenea de 182 m con inclinación de 57° en el nivel -240 ubicado en el draw point 3. Donde la desviación fue de 1,74 m del eje principal todo ello en un avance de 24 m (ver anexo 6) lo cual generó una disconformidad con Pasbol, donde se pretendía cobrar penalidades a la contratista y el punto de comunicación de la chimenea no se iba a realizar como lo planificado y ante esta situación se realizó el estudio de investigación de control de la desviación en la construcción de chimenea con Plataforma Trepadora Alimak en la Unidad minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia.

### 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.2.1. Pregunta general

¿Cómo se controla la desviación en la construcción de chimenea con plataforma trepadora Alimak en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia?





### **1.2.2. Preguntas específicas**

- ¿Cuáles son las causas de una desviación en la realización de chimenea con plataforma trepadora Alimak en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia?
- ¿Cómo se emplea el uso de punto dirección para el control de la desviación en la construcción de la chimenea con plataforma trepadora Alimak en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia?

## **1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. Hipótesis general**

- Mediante la aplicación de puntos de dirección se controla la desviación en la realización de chimenea con plataforma trepadora Alimak en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia

### **1.3.2. Hipótesis específicas**

- Mediante las observaciones planeadas del trabajo se determinan cuáles son las causas de una desviación en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia.
- Mediante el empleo de punto dirección se logra el control de la desviación en la construcción de la chimenea con plataforma trepadora Alimak en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia.

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Controlar la desviación en la construcción de chimenea con plataforma trepadora Alimak en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia



#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Identificar causas de una desviación en la realización de chimenea con jaula trepadora Alimak en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia
- Emplear el uso de punto dirección para el control de la desviación en la construcción de la chimenea con plataforma trepadora Alimak en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente estudio de investigación surge por la desviación en la realización de chimenea N° 1, con una longitud de 182 m inclinación 57°, el cual generó trabajos adicionales y pérdidas económicas, recesión del contrato y una tentativa de penalidad a la contratista en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia. Ante esta situación es que se ha planteado la presente investigación como alternativa de solución a los presentes problemas, y evitar multas, retrasos en la entrega del proyecto, llegar al punto de comunicación sin inconvenientes y mantener el prestigio de la contratista, como también la investigación contribuirá en estrategias tecnológicas, en busca de saberes teóricos y prácticos. Ante la realización de chimeneas con plataforma trepadora Alimak como para Pasbol y otras unidades donde se ejecute.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Zuni (2015) La construcción de la chimenea de equilibrio de la central hidroeléctrica Misicuni, cuya longitud fue de 150 metros, tuvo un costo por metro de US\$ 521,26, las diferentes secciones y geometrías de las chimeneas pueden conseguirse cambiando las plataformas siendo posible excavar secciones de 3 hasta 30 metros cuadrados. Como también es posible en un mismo proyecto cambiar la dirección e inclinación de las chimeneas mediante el uso de carriles curvo, en terrenos malos las plataformas pueden utilizarse para realizar el sostenimiento con pernos de sostenimiento e inyección, etc. se requiere mano de obra especializada.

Yucas (2015) el proyecto Quinde, esta labor minera se realizó en una longitud de 292 metros y una sección cuadrada de 3x3 metros con una inclinación de 75°, la construcción de la chimenea se realizó utilizando el método de levantamiento mecánico con Plataforma Alimak STH-5E, La utilización de la plataforma Alimak, en comparación con otros equipos para la ejecución de chimeneas es más económico, debido a su fácil adaptación a cualquier sección y forma de chimenea, Teniendo una mínima desviación de su dirección, no atascamiento ante la existencia de cavernas, etc.

Chinchercoma (2018) Para la construcción del pique de caída a un diámetro de 12,20 m mediante ejecución de chimenea piloto usando plataforma y jaula de seguridad en Central Hidroeléctrica Quitaracsa I - Ancash, se estimó un plazo de 122, el avance de un metro 1 068,21, Una de las ventajas en la ejecución de este proyecto es que es posible en una misma obra cambiar la dirección e inclinación de las chimeneas mediante el uso de carriles curvos laterales y carriles curvos invertidos. Como desventaja, al realizar el



desmontaje ya no se recuperan algunos componentes, cuando se ejecuta chimeneas de gran longitud se tiene problemas con los servicios como: caída de tensión, baja presión de agua y aire, etc. Finalmente, el método de excavación con plataforma y jaula de seguridad Alimak permitió construir el pique de caída en el plazo establecido cumpliendo con las normas de seguridad y salud ocupacional.

Vilchez (2015) El sistema mecanizado Alimak puede construir chimeneas de gran longitud en un tiempo relativamente corto; pero utiliza menos de la mitad del tiempo en su ejecución, por lo que resulta más rentable que el convencional, mediante el método convencional el costo es de US \$ 15 865 y el tiempo de ejecución de la chimenea es de 45 días, incluyendo excavación y limpieza, mediante el método con la plataforma Alimak el costo es de US \$ 35 018, el tiempo de construcción es de 19.5 días, mitad del tiempo del método manual.

Curasma & Tito (2014) menciona en turno de dos perforistas pueden avanzar de 1,5 a 2,0 metros como límites mínimos con barrenos de 6' o 8' respectivamente. Los accionamientos de aire comprimido son adecuados para longitudes inferiores a los 200 m, los eléctricos hasta 800 m. y a partir de esas distancias se recomiendan los motores diesel, el precio unitario por metro de avance es de \$/m 479,48 en seguridad se identificó los peligros y riesgos para un mejor control de operación en ejecución de chimeneas, por lo que en el tiempo de ejecución de chimeneas Raise Climber STH-5E no hubo accidentes fatales por ser un sistema seguro versátil y de menor costo, donde se capacito a todo el personal.

Salvatierra (2010) afirma en su tesis, la cual tiene como objetivo general, Sistematizar el análisis de inversión y aplicación del equipo Alimak en la mina Raúl, y que esta información sirva a las empresas y personas quienes desean invertir en la compra,



alquiler y operación de estas máquinas. Es un estudio detallado de la máquina Alimak desde la adquisición hasta el proceso operativo en la construcción de chimeneas. Concluyendo en que La Trepadora Alimak puede excavar chimeneas de longitud de mayor consideración, a partir de 50 m de Longitud, la operación anual de Alimak es de 312 días anuales que debe perforar 1248 m de chimenea, la vida útil del Alimak es de 10 años y la vida económica 6 años, el costo de poseer Alimak es de 75,23 US\$/hr, y el costo de operación de 123,24 US\$/hr, construir una chimenea de 3m x 3m con Alimak cuesta 669,93 US\$/m.

Aguirre & Mallqui (2019) manifiestan en su tesis que tiene por finalidad determinar la influencia de la construcción de la chimenea 081 con equipos Alimak para la mejora del sistema de ventilación de las labores del Nivel 4 230 Veta Bienaventurada en la Compañía Minera Kolpa S.A.-Huancavelica. Llegando a conclusiones como: la construcción de la chimenea con Alimak influye significativamente en el mejoramiento del sistema de ventilación en las labores ya que antes de la construcción de la chimenea se tenía una cobertura inicial del 71% y se empleaban 15 ventiladores, después de ejecutada la chimenea Alimak 081, se obtiene una cobertura de 121%, cobertura aceptable dentro de la normativa vigente, además se reduce a 10 el número de ventiladores, los costos de operaciones unitarias en la construcción de la chimenea (\$/m) con Alimak son óptimos ya que se refleja en un ahorro de 30 307,07 \$/mes, el costo del proyecto asciende a US \$ 901 468,17 y el tiempo de ejecución es de 6 meses

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Métodos de construcción de chimeneas**

Definiremos como chimenea, a la excavación de labores verticales a sub verticales, o inclinadas, generalmente con un ángulo mayor a 40°, de secciones circulares, cuadradas o rectangulares, y que estas cumplen diversas funciones en el



trabajo minero tales como: ventilación de la mina, acceso al personal, cara libre de explotación, exploración, traspaso de minerales de un nivel a otro, etc. Como se menciona las chimeneas cumplirán variadas e importantes labores en los trabajos mineros (salinas, 1998). Los métodos de construcción de chimeneas generalmente están relacionados al sistema de minado convencional y/o mecanizado. En base a estas consideraciones se tiene:

- Método convencional, realizado con puntales de avance, escalera de madera o metálicas, plataforma de madera y máquina perforadora Stoper.
- Método mecanizado de construcción: en este caso la construcción de una chimenea puede realizarse con: plataforma y jaula de seguridad y con equipo Raise Boring.

### **2.2.2. Método convencional**

Corresponde a la construcción de chimeneas en la cual el ascenso y descenso al frente de trabajo se realizó por medio de escaleras metálicas o de madera y la superficie de trabajo es una plataforma de madera que se va trasladando y cambiando de posición en altura, a medida que la excavación de la chimenea progresa.

La longitud de la chimenea en promedio es de 20 m. pudiéndose construir chimeneas de mayor longitud que deberán ser gemelas por razones de seguridad. Por otro lado, la sección es simple o doble, generalmente sobre estructura mineralizada y su inclinación puede ser vertical o inclinada (salinas, 1998)

El suministro de aire comprimido es con mangueras de 1" de diámetro y cuando la altura o longitud de la chimenea supera los 30 m. se instala tuberías de 1", El suministro de agua es con manguera de ½" de diámetro de longitud de hasta 30 m, y cuando la longitud de la chimenea es mayor también se instala tuberías de 1".



La manguera de aire se deja protegido a 5,0 m, del tope de la chimenea a fin de poder ventilar luego de realizado el disparo.

#### **2.2.2.1. Tipos de chimeneas**

Los tipos de chimenea que se tienen son los siguientes:

#### **2.2.2.2. Según su forma**

- Circulares
- Cuadradas
- Rectangulares

#### **2.2.2.3. Según su sección**

- Simple: sección de 4 m x 4 m
- Doble: sección de 4 m x 8 m
- Triple: sección de 4 m x 12 m

#### **2.2.2.4. Según su longitud**

- Cortas: hasta 50 m.
- Largas: de 51 a 100 m.
- De gran longitud: > de 100 m.

#### **2.2.2.5. Diseño de chimeneas**

Para la ejecución de chimeneas por el método convencional se realiza considerando los siguientes parámetros como:

- Longitud.
- Sección.
- Buzamiento de la veta y/o inclinación deseada.
- Tipo de roca.

### 2.2.3. Método mecanizado

#### 2.2.3.1. Raise boring

La perforación de chimeneas con este equipo es un método moderno, ampliamente utilizado en el sector minero y obras civiles como es el caso de las centrales hidroeléctricas. En este método se requiere un espacio vertical considerable, infraestructura de concreto armado para estacionar el equipo e iniciar con los trabajos de perforación del piloto, la plataforma de operaciones debe ser estable y rígida. Las operaciones se pueden desarrollar en superficie y en interior mina.



**Figura 1.** Raise Boring: La SBM 700 SR

**Fuente:** (Chinchercoma, 2018)

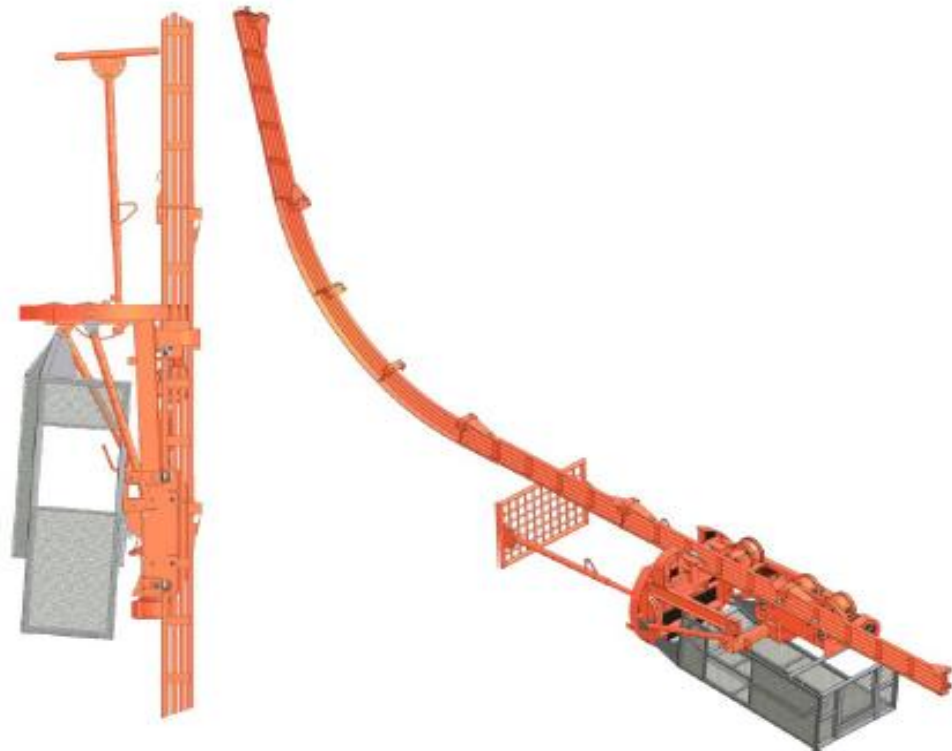
#### 2.2.3.2. Plataforma y jaula de seguridad.

Denominada también jaula trepadora Alimak, se utiliza para chimeneas y ampliación de piques con cara libre, debido a su flexibilidad, economía y



velocidad en su ejecución, se ha convertido en uno de los más usados del mundo, sobre todo en aquellos casos donde no existe ningún nivel de acceso superior.

El equipo Alimak está constituido por una jaula, plataforma de trabajo, motor de accionamiento eléctrico, neumático y/o Diesel, carril guía y elementos auxiliares. La elevación de la plataforma se realiza a través de un carril guía curvado empleando. La fijación del carril a la roca se lleva a cabo con pernos de cabeza expansiva (pernos de expansión), y tanto las tuberías de aire comprimido y agua necesarias para la perforación y ventilación se sitúan en el lado interno del carril guía para su protección. Durante el trabajo los perforistas se encuentran sobre una plataforma segura, ya que disponen de un guardacabeza y baranda de protección, y para el transporte del personal y material se usa la jaula el cual se ubica debajo de la plataforma, ver figura dos (Linden Alimak, 1990).



**Figura 2.** Equipo principal Alimak

**Fuente:** (Chinchercoma, 2018)



#### **2.2.4. Plataforma y jaula de seguridad Alimak**

Según el D.S. 024-2016 EM modificatoria 023 la plataforma y jaula de seguridad es considerado como un método mecanizado para la excavación de chimeneas, el equipo que cumple con estas características es la jaula trepadora Alimak.

#### **2.2.5. Tipos de equipo Alimak**

Existen tres tipos de jaula trepadora las cuales se menciona a continuación:

- Jaula trepadora Alimak neumático: Su propulsión es con aire comprimido, recibido a través de una manguera. Un carrete de enrollado automático, enrolla y desenrolla la manguera durante el descenso y ascenso respectivamente.
- Jaula trepadora Alimak eléctrico: Su propulsión es por corriente eléctrica, alimentado por un cable de diseño especial, que adicionalmente tiene 02 líneas de cable de acero para soportar su peso y es denominado con el nombre de cable autoportado.
- Jaula trepadora Alimak Diesel: Su propulsión a través de un motor Diesel no requiere de cable ni manguera colgante, pero si de un tanque de almacenamiento de Diesel considerable según la longitud de la chimenea. Es usada para chimeneas extremadamente largas.

#### **2.2.6. Consideraciones para su elección de realizar chimeneas Alimak**

- Caracterización del macizo rocoso, para lo cual el macizo rocoso deberá de tener un RMR de 50, RQD de 60 y un índice Q de 6 que corresponde a una calidad de regular a buena.
- La chimenea debe construirse en roca caja.

- La sección mínima para este tipo de chimenea será de 1,80 m x 1,80 m cuadrada.
- La longitud mínima de la chimenea debe ser de 50 m.
- La inclinación recomendable de la chimenea, varía de 60° a 90°. La presencia de agua es un factor determinante en la estabilidad de la labor. Para el caso de la realización de chimenea con jaula trepadora Alimak se usará uno con propulsión eléctrica con un motor de 15 Hp (Linden Alimak, 1990).

Para la realización de chimenea con plataforma trepadora Alimak, de longitud de 182 m con inclinación de 57° este proyecto presenta un RMR de 70 (ver anexo 3), con poca presencia de humedad el cual está solo se encuentra al inicio de la chimenea estos datos son brindados en la licitación del proyecto y brindado por parte de compañía.

 PAN AMERICAN — SILVER — GEOMECANICA BIEWNIASKI		
RMR	CALIDAD	CODIGO
(RMR 61-80)	BUENA	RII-A
(RMR 51-60)	REGULAR A	III-A
(RMR 41-50)	REGULAR B	III-B

**Figura 3.** Geomecánica biewniaski

**Fuente:** (Pasbol)

### 2.2.7. Características

Para construir la chimenea propuesta y de acuerdo a sus especificaciones técnicas, se ha elegido una plataforma trepadora, modelo STH-5E de propulsión eléctrica, que consta de una unidad propulsora con un motor eléctrico de 15 Hp (Linden Alimak, 1990).

**Tabla 1.**

*Características de la jaula trepadora Alimak*

---

**Características de la plataforma y jaula de seguridad, modelo Alimak  
STH- 5E**

---

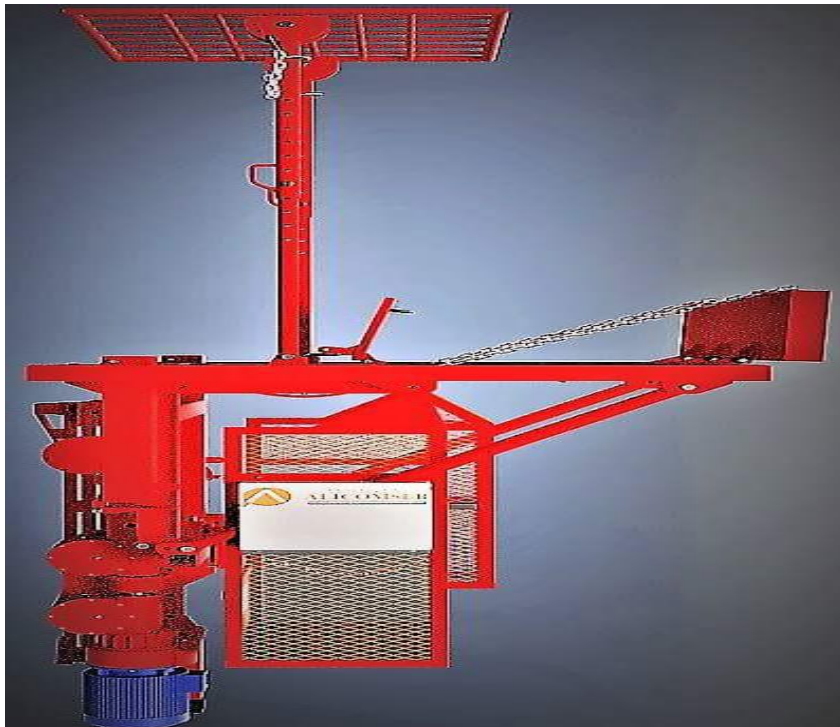
Área aproximada de chimenea vertical	7 m <sup>2</sup>
Área máxima aproximada de chimenea inclinada a 45°	10 m <sup>2</sup>
Altura máxima de excavación	40 m
Longitud máxima de excavación	40 m
Velocidad ascendente	18 – 21,6 m/min
Velocidad por descenso por gravedad	25 – 30 $\frac{m}{min}$
Capacidad del motor	7,5 kw
Cable eléctrico especial	3x10 + 3x1,5 + 2

---

**Fuente:** (linden Alimak, 1990)

## 2.2.8. Componentes

### 2.2.8.1. Equipo principal.



**Figura 4.** Equipo Alimak principal

**Fuente:** Alicomser S.A.C



Los componentes del equipo principal son:

- Plataforma de trabajo.
- Jaula para el personal.
- Techo Protector con sus bastidores.
- Yugo.
- Uframe.
- 02 unidades de transmisión.
- Motor eléctrico 15 HP.
- Brazos telescópicos.
- Bolsillos.
- Tablero eléctrico de mando.
- Sistema de frenos
- Cable electrico.
- Guíde roler
- Piñon
- Corona

#### **2.2.8.2. Sistema de frenos**

El equipo está compuesto de 5 frenos las cuales son:

- Centrífugo doble superior.
- Centrífugo inferior.
- Freno de mano o parqueo.
- Freno de pie.
- Freno de emergencia GA5 (Paracaídas): Se activa cuando la velocidad de descenso sobre pasa el límite establecido (54 metros/min).

**Tabla 2.***Peso de componentes de la jaula principal del equipo Alimak*

<b>Peso de componentes del equipo Alimak (jaula principal)</b>				
Descripción	Peso	Und	Cant.	Peso total
Armazón con dispositivo	170	kg	1	170,0
Unidad de transmisión con viga de soporte	470	kg	1	470,0
Plataforma 2.60m de diámetro	230	kg	1	230,0
Postes de soporte de plataforma	15	$\frac{kg}{Und}$	2	30,0
Guarda cabeza	70	kg	1	70,0
Jaula estándar (Largo x ancho x alto 1,0 x 0,66 x 2,1)	135	kg	1	135,0
Equipo eléctrico en jaula	45	kg	1	45,0
Cable eléctrico $3 \times 10 mm^2$	1,22	$\frac{kg}{m}$	60	73,2
Peso neto				1 223,2 kg
Peso bruto				2 500,0 kg

**Fuente:** (linden Alimak, 1990)

La carga útil de la jaula trepadora Alimak equipo principal, varía en función a las características de cada proyecto. Para este caso en particular es de 1 276,8 kg (Linden Alimak, 1990).

### 2.2.8.3. Equipo auxiliar o de emergencias

- Unidad de propulsión - auxiliar.
- 01 unidad de transmisión.
- Uframe.

- Motor eléctrico de 12 HP con freno electromagnético.
- Freno de emergencia GA3.
- Jaula.
- Tablero eléctrico de mando.
- Techo protector.
- Yugo.
- Uframe.



**Figura 5.** Equipo Alimak (uso para emergencias)

**Fuente:** (Alicomser S.A.C.)

#### 2.2.8.4. Sistema de comunicación

- Inalámbrica: Radios Motorola DTR620.
- Alámbrica: Teléfono intercomunicador.
- Código de toques: Timbre.

#### 2.2.8.5. Accesorios generales

- Elementos de carril guía de 2 m.
- Elementos de carril de avance de 1 m.
- Carriles curvos: de 3°, 7°, 8° de entrada y salida y 25°.



- Pernos de anclaje con cabeza expansiva de 3, 4 y 5 pies.
- Ángulos y espaciadores de 10, 20, 30 y 50 cm.
- Central múltiple de servicios (línea de agua y aire) y tercera línea para ventilación.
- Carretes para cable eléctrico (02 unidades).
- Tablero eléctrico principal (distribuidor).

#### 2.2.8.6. Bomba de alta presión

- Velocidad 400 - 700 rpm.
- Succión: 76 - 133 Lit/min.
- Presión: 20 - 50 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Potencia: 5 - 10 HP.



**Figura 6.** Bomba de alta presión

**Fuente:** (Chinchercoma, 2018)

#### 2.2.8.7. Diseños de la plataforma de trabajo

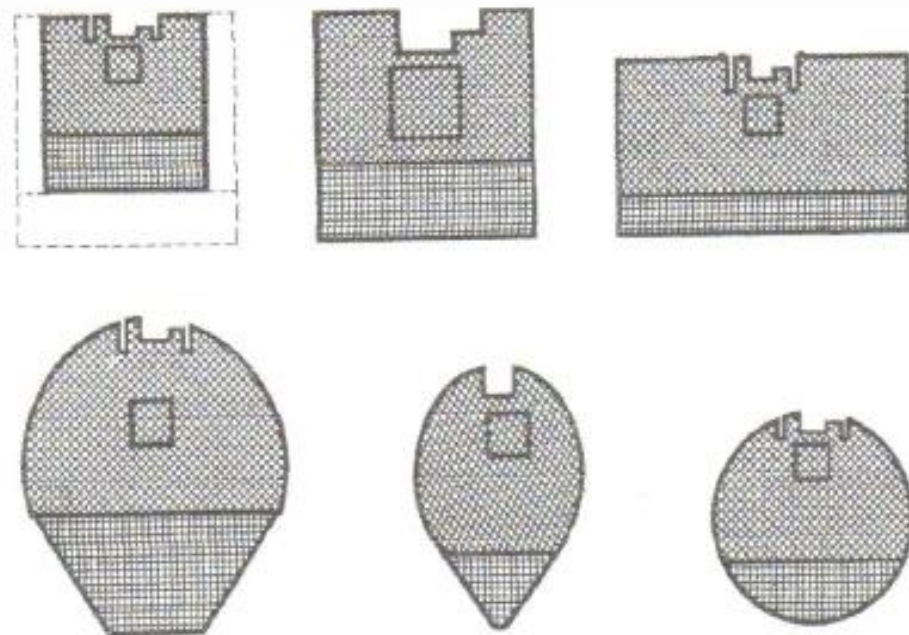
Para la excavación de chimeneas de distintas formas de sección, es necesario cambiar la plataforma de trabajo, ya que los componentes



mencionados anteriormente continúan siendo los mismos. Los diseños básicos de la plataforma de trabajo según la necesidad del proyecto descendente y/o ascendente son los siguientes:

- Cuadrados desde 1,60 x 1,60 m hasta 4,0 x 4,0 m
- Rectángulos según la necesidad de los proyectos.
- Circulares de diferentes diámetros.

A continuación, se muestra las formas de las plataformas de trabajo, para el equipo principal Alimak (Linden Alimak, 1990).



**Figura 7.** Plataforma de trabajo Alimak según la forma de la sección

**Fuente:** linden Alimak, 1990

Para la construcción de chimenea se utiliza una plataforma rectangular, con ala tendida

### 2.2.9. Cámara de estación para jaula trepadora

Las cámaras de estación se diseñan en función de la ubicación, longitud y sección de la chimenea, si la limpieza se realiza por la misma cámara de estación, se



debe tener en cuenta la dimensión de los equipos para la limpieza y acarreo de desmante.

#### **2.2.10. Longitud máxima de chimeneas con plataforma trepadora**

En el caso de realización de chimeneas con plataforma y jaula de seguridad las longitudes están limitadas por el tipo de propulsión como, por ejemplo:

- Jaula trepadora de propulsión neumática hasta 150 m.
- Jaula trepadora de propulsión eléctrica hasta 500 m (comprobado).
- Jaula trepadora de propulsión diésel-Hidráulica más de 1000 m.

#### **2.2.11. Consideraciones para el cálculo de accesorios Alimak**

Es importante considerar tener en stock todos los accesorios antes del inicio de las operaciones. Inicialmente los accesorios se usarán en la excavación de la chimenea piloto. Posteriormente se usarán los mismos accesorios en la ejecución de la segunda etapa (ampliación).

Para el desarrollo y cálculo de accesorios Alimak, se define los siguientes términos.

- LCH: Longitud de chimenea.
- LCS: Longitud de carril de seguridad.

#### **2.2.12. Carril de servicio (A)**

El carril de servicio mide dos metros y es donde se realiza el mantenimiento preventivo y correctivo del equipo Alimak.

Para la jaula trepadora de forma ascendente y descendente se usa un carril de servicio y lo definimos como  $A= 1$ .



### 2.2.13. Carriles curvos (B)

Los carriles curvos se calculan según la inclinación de la chimenea, varía el grado del carril (entrada y salida), es imprescindible indicar que la medida del carril curvo es de un metro.

Para el caso la inclinación es  $57^\circ$  (vertical), los carriles curvos a usar son los siguientes:

- Carril de  $7^\circ = 2$
- Carril de  $8^\circ$  entrada = 1
- Carril de  $25^\circ = 1$
- Carril de  $8^\circ$  salida = 1

$$B = 2 + 1 + 1 + 1 = 5 \text{ carriles curvos}$$

### 2.2.14. Número de carriles de seguridad (C)

El manual de operación de jaulas trepadoras recomienda usar un carril de seguridad inmediatamente después de anclar los carriles curvos y luego cada 50 m en roca competente, y a 25 m en roca suave.

Para fines de cálculo es recomendable redondear el valor de LCH al múltiplo más cercano de 25.

La longitud de la chimenea es 182 m por lo cual el valor de LCH es:

$$LCH = 150 \text{ m}$$

Es importante indicar que cada carril de seguridad mide dos metros.

$$C = \frac{LCH}{25} = \frac{150}{25} = 6 \text{ Und.}$$

Por lo cual se infiere el valor de LCS:

$$LCS = BX6 = 12 \text{ m}$$



### 2.2.15. Número de carriles guía (D)

Cada carril guía tienen una dimensión de dos metros.

$$D = \frac{LCH - LCS}{2} = \frac{182 - 12}{2} = 85$$

Según el cálculo necesitaremos 85 carriles guía.

### 2.2.16. Cantidad de anillos obturadores (O'rings)

Los o'rings se usan para sellar las aberturas de las juntas entre carriles.

En el cálculo que se realiza se contempla los o'rings adicionales que se usan en los cabezales de ingreso y de salida, adicionalmente consideramos un 15% para imprevistos.

Dónde:

- NO: N° de o'rings.
- NO: N° de o'rings adicionando el 15%.
- Ce: Cabezal de entrada.
- Cs: Cabezal de salida.

$$NO = 4 X(A + B + C + D + Ce + Cs)$$

Cálculo de o'rings considerando el 15% adicional:

$$NOa = NO + NOx15\%$$

Según el cálculo necesitaremos 455 o'rings.

### 2.2.17. Cálculo de pernos de grado 8 de ¾" x 5"

Se requiere cuatro pernos de grado 8 de ¾" x 5" que se usan para unir los carriles. En el cálculo que se realizó se contempla los pernos adicionales que se usan en los cabezales de ingreso y de salida, adicionalmente consideramos un 15% para imprevistos.



Dónde:

- PG5: Pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 5".
- PG5<sub>a</sub>: Pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 5" adicionando el 15%.

$$PG5 = 4x (A + B + C + D + Ce + Cs)$$

Cálculo de pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 5" considerando el 15 % adicional:

$$PG5a = PG5 + PG5 \times 15\%$$

Según el cálculo necesitaremos 455 pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 5".

### 2.2.18. Cálculo de pernos de grado 8 de $\frac{3}{4}$ " x 3 $\frac{1}{2}$ "

Se requiere dos pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 3  $\frac{1}{2}$ " que se usan para unir los espaciadores con los ángulos, cada carril guía y curvo se unen a un espaciador con un ángulo.

En el caso de los carriles de seguridad se unen a cuatro ángulos con cuatro espaciadores, por lo cual se requiere de ocho pernos, adicionalmente consideramos un 15% para imprevistos.

Dónde:

- PG3  $\frac{1}{2}$ : Pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 3  $\frac{1}{2}$ ".
- PG3  $\frac{1}{2}$ <sub>a</sub>: Pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 3  $\frac{1}{2}$ " adicionando el 15%.

$$PG3 \frac{1}{2} = 8xC + 2x(A + B + D)$$

Cálculo de pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 3  $\frac{1}{2}$ " considerando el 15 % adicional:

$$PG3 \frac{1}{2} a = PG5 + PG5 \times 15\%$$

Realizando los cálculos ya agregando el 15%según necesitaremos 265 pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 3  $\frac{1}{2}$ ".



### 2.2.19. Cálculo de pernos de grado 8 de $\frac{3}{4}$ " x 2"

Se requiere seis pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 2" que se usan para unir espaciador con espaciador. En el caso de los carriles de seguridad se usan veinticuatro pernos, adicionalmente consideramos un 15% para imprevistos.

Dónde:

- PG2: Pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 2".
- PG2<sub>a</sub>: Pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 2" adicionando el 15%.

$$PG2 = 24 \times C + 6 \times (A + B + D)$$

Cálculo de pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 2" considerando el 15 % adicional:

$$PG2a = PG2 + PG2 \times 15\%$$

Según el cálculo necesitaremos 794 pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 2".

### 2.2.20. Cálculo de tuercas de grado 8 de $\frac{3}{4}$ "

Cada perno calculado anteriormente requiere su tuerca de  $\frac{3}{4}$ ".

Dónde:

- TG: Tuercas de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ ".

$$TG = PG5a + PG3\frac{1}{2}a + PG2a$$

Según el cálculo necesitaremos 1514 tuercas de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ ".

### 2.2.21. Cálculo de ángulos de soporte

Los carriles guía y curvos requieren un ángulo de soporte, los carriles de seguridad que requieren cuatro ángulos de soporte, adicionalmente consideramos un 5% para imprevistos.

Dónde:



- AG: Ángulos de soporte.
- AG<sub>a</sub>: Ángulos de soporte adicionando el 5%.

$$AG = 4 \times C + A + B + D$$

Cálculo de ángulos de soporte considerando el 5 % adicional:

$$AG_a = AG + AG \times 5\%$$

### 2.2.22. Cálculo de pernos de cabeza expansiva

Cada ángulo de soporte, requiere dos pernos de cabeza expansiva, adicionalmente consideramos un 15% para imprevistos.

Dónde:

- PCE: Pernos de cabeza expansiva de 4 pies.
- PCE<sub>a</sub>: Pernos de cabeza expansiva, adicionando el 15%.

$$PCE = 2x (AG)$$

Cálculo de pernos de cabeza expansiva de 4 pies considerando el 15 % adicional:

$$PCE_a = PCE + PCE \times 15\%$$

Según el resultado del cálculo de pernos de cabeza expansiva de 4 pies. Se requerirá la misma cantidad de tuercas de fuerza de ¾” y el doble de arandelas cuadradas para PCE<sub>a</sub>.

### 2.2.23. Espaciadores

Cada ángulo requiere un espaciador de diez centímetros, ocasionalmente se usa espaciadores de veinte y treinta centímetros.

El cálculo considera un 5 % adicional, dónde:

- E10: Espaciador de 10 cm.
- E20: Espaciador de 20 cm.



- E30: Espaciador de 30 cm.

$$E10 = AGa$$

Para los espaciadores de 20 cm se estima un aproximado del 50% de los espaciadores de 10 cm.

$$E20 = E10 \times 50\%$$

Para los espaciadores de 30 cm se estima un aproximado del 25% de los espaciadores de 10 cm.

$$E30 = E20 \times 25\%$$

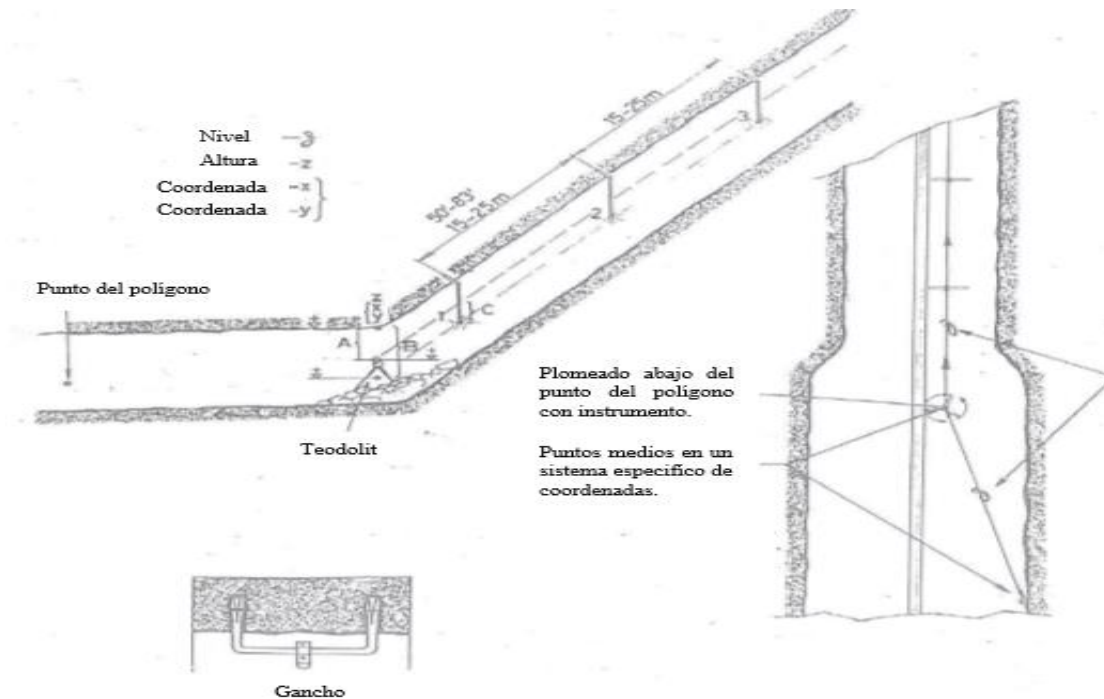
### 2.3. MÉTODO PARA ALINEAMIENTO DE UNA CHIMENEA

Fijando un gancho en el muro alto a una distancia conveniente arriba de la curva del carril guía. Estará provisto de una abrazadera que podrá moverse lateralmente. Fije un tubo a la abrazadera, un tubo equipado en extremo inferior con una fuente de luz (Linden Alimak, 1990).

Fijando otro gancho con tubo y fuente de luz (2), como 15-25 mm arriba del primero. Los ganchos pueden ser fijados al muro por el personal de excavación al instalar el carril. Por medio de un instrumento de nivelación, estos dos puntos luminosos se alinean en la dirección planeada para la chimenea. Un tercer punto de alineamiento se arregla como 15 ó 25 mm. arriba de los anteriores. La localización de este punto y la longitud del tubo se determinan mediante alineamiento con los dos primeros puntos y ajuste la abrazadera del gancho y fíjela. Alinea los tres puntos luminosos con, por ejemplo, un palo de retacar de tal manera que la línea centra puede marcarse en el techo de la chimenea, esto es realizado mejor por los topógrafos. Cuando es necesario un alto grado de precisión, alineamiento se revisará frecuentemente. Marque los tubos y las abrazaderas. Se necesitarán tres tubos, cada uno con una fuente de Luz.



El tubo N° 1 se remarcará como N°4 después del replanteo y si sucesivamente.

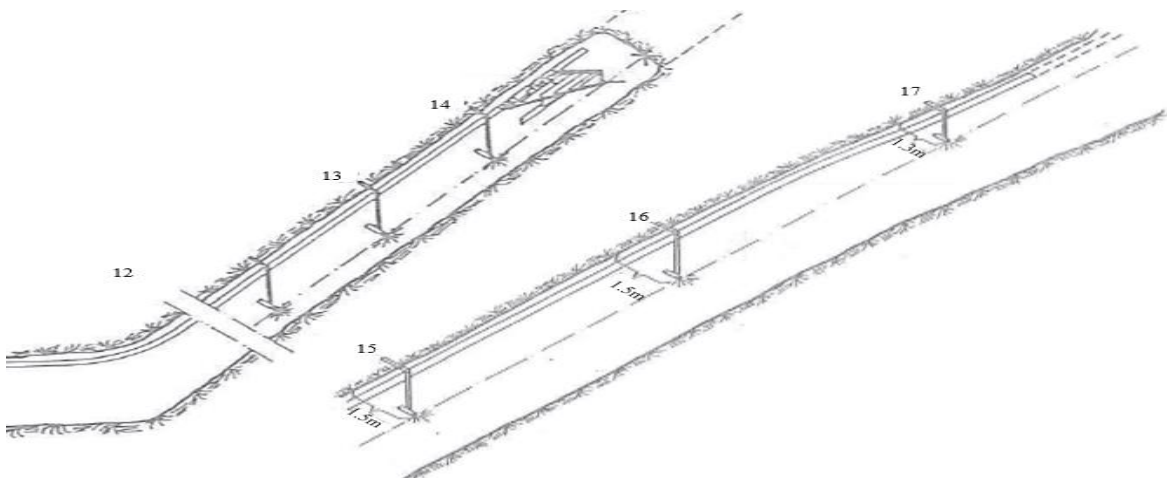


**Figura 8.** Método de alineamiento en una chimenea.

**Fuente:** Linden Alimak, (1990).

En tanto no cambie la distancia entre las fuentes de luz y el muro alto, la dirección de la chimenea es la correcta

Ejemplo: Distancia entre muro pendiente y fuente de luz = 1,5 m. en tubos N°. 15 y 16 luz = 1,5 m En tubo N°. 17 la distancia ha disminuido a 1,3 m. que indica una desviación de 20 cm., en la dirección de la chimenea.



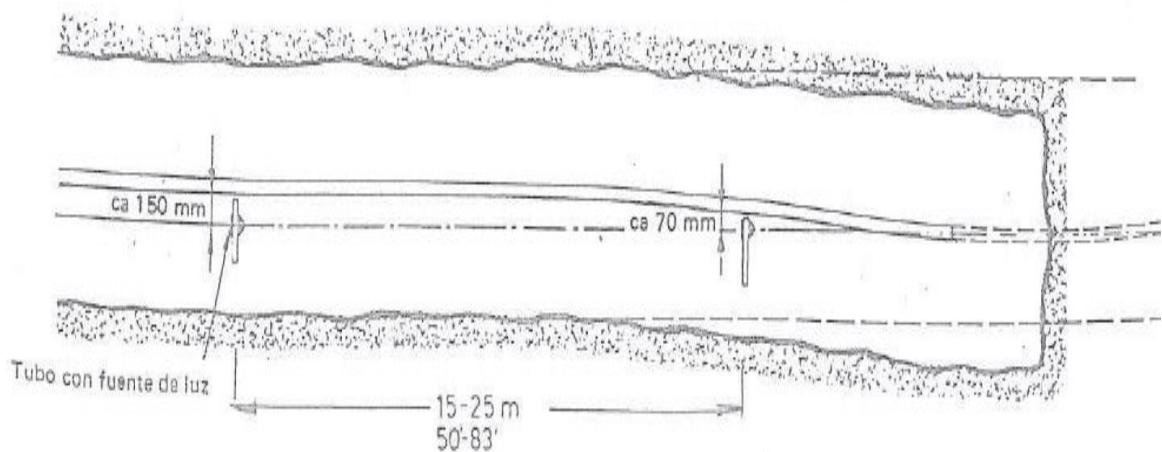
**Figura 9.** Ejemplo de distancia entre puntos y desviación.

**Fuente:** Linden Alimak, (1990).

Corrección de las desviaciones laterales La distancia (como 150 mm.) entre el costado del carril gula y el tubo, no deberá variar. Si la distancia aumenta o disminuye, habrá tenido lugar una desviación del carril gula.

Si el alineamiento se comprueba frecuentemente, las desviaciones podrán notarse y corregirse prontamente.

El carril guía deberá mantenerse lo más recto posible, especialmente considerando la manguera de aire o cable. Desviaciones mayores podrían causar problemas con la manguera o cable en caso se caerse de algunos porta-mangueras/ cable y sufrir daño.



**Figura 10.** Problemas que ocasiona una desviación.

**Fuente:** Linden Alimak, (1990).

#### **2.4. REGRESIÓN LINEAL SIMPLE**

Se conoce como regresión simple el cálculo de la ecuación correspondiente a la línea que mejor describe la relación entre la respuesta y la variable que la explica. Dicha ecuación representa la línea que mejor se ajusta a los puntos en un gráfico de dispersión. En la regresión simple se tiene una única variable predictora. Algunas veces se tiene interés en dos o más variables regresoras o predictoras. En esos casos, se debe recurrir al uso de regresión múltiple. A partir de la regresión lineal es posible hacer predicciones sobre la respuesta con base en valores de la variable predictora.



La ecuación para una línea recta es  $y = \beta_0 + \beta_1 x$

- $y$  = es la variable respuesta;
- $x$  = es la variable predictora
- $\beta_0$  = donde es la intersección, determina el valor de  $y$  cuando  $x$  es cero, y
- $\beta_1$  = es la pendiente, determina la cantidad en la que cambia  $y$  cuando  $x$  se incrementa en una unidad.

Las distancias entre los puntos y la línea de regresión se llaman residuos. Ellos representan la porción de la respuesta que no es explicada por la ecuación de regresión; es decir que la diferencia entre el valor observado y el valor aproximado es el residuo. En cualquier análisis de regresión se observará que algunos puntos están más cerca de la línea y otros mucho más lejos de ella. Entre más cerca se encuentren los puntos a la línea, mejor será el ajuste entre la línea de regresión y el dato. Los residuos permiten verificar la ecuación con el fin de comprobar cuan bien se ajusta la línea a los datos.

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{S_{xy}}{S_x^2} = \frac{S_y}{S_x} R$$

Donde:

- $S_{xy}$ : covarianza entre X e Y
- $S_x$ : desviación estándar de X
- $S_y$ : desviación estándar de Y
- $R$ : coeficiente de correlación de Pearson

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x}$$

## 2.5. GEOLOGÍA

La mina San Vicente corresponde a un yacimiento mineral de tipo hidrotermal de baja sulfuración, filoniano, con vetas de ancho variable de 3 a 10 m. Los principales



minerales que se explotan son la tetraedrita, la esfalerita y la galena, la alteración que presenta es de tipo cuarzo-sericítica. Litológicamente el yacimiento se encuentra emplazado en rocas del terciario conformado por los conglomerados San Vicente, los cuales fueron instruidos por un cuerpo dacítico. Los conglomerados San Vicente son de color marrón claro a gris verdoso claro, cuyos clastos son principalmente de origen polínistico, siendo la roca predominante la filita, en ciertos niveles se encuentran areniscas cuarzosas; la forma de los clastos es alargada y sub angulosa midiendo entre 3 a 6cm, la matriz es limo - arenosa y el cemento es calcáreo silíceo con óxidos e hidróxidos de hierro, la textura es clástica, los minerales traza son la pirita y apatito, la edad de los conglomerados es del Oligoceno Superior- Mioceno Inferior Estos conglomerados no han sufrido un proceso de deformación y se encuentran casi horizontales, habiendo sufrido un proceso de alteración hidrotermal (cuarzo-sericita). Durante el proceso de mineralización fueron favorecidos en su cementación. Un cuerpo intrusivo más reciente a los conglomerados corresponde a una dacita de color blanquecino, masiva de textura fanerítica, con cristales grandes, dura, sana, alterada, este cuerpo es de poco espesor (20 a 50m.) y de forma elongada y correspondería a una apófisis de un cuerpo ígneo ubicado a mayor profundidad. Este cuerpo es cuasi-paralelo a la veta principal mineralizada y forma brechas en la zona de contacto con el conglomerado, en la zona de mineralización presenta una falla con un espesor de panizo de hasta en el nivel 110 En el marco estructural el yacimiento presenta un fuerte control estructural a nivel local, para la presencia de fallas de carácter regional "San Vicente" situada al Este del yacimiento con una dirección buzando al Este donde forma un cabalgamiento, poniendo en contacto las filitas del con el conglomerado del oligoceno-mioceno. Asimismo, se ha identificado fallas secundarias sub-paralelas a la veta litoral que combinados con los sistemas de discontinuidades forman potenciales cuñas inestables. En el sector de estudio debido a la



poca profundidad de las labores se observan filtraciones de aguas que siguen las principales estructuras (fallas), generando zonas mojadas y de goteo en profundidad cercanas a la veta (Mamani, 2014).

### **2.5.1. Geología Regional y Local**

La secuencia estratigráfica regional consiste de sedimentos siliciclásticos marinos de edad Paleozoica constituida esencialmente por una alternancia de Areniscas y Lutitas, afectadas por un metamorfismo de menor grado, reflejado esto por la presencia de cristales de piritita y una débil Sericitización, sobreyace a esta secuencia sedimentos de edad Cretácica en contacto discordante, constituido por un conglomerado basal, areniscas calcáreas, niveles delgados de calizas y margas (las cuales afloran en el sector de la mina Tatasi), culminando la secuencia en el sector con sedimentos Oligo - Miocenos clásticos de las formaciones Potoco y Conglomerado San Vicente. Actividad ígnea asociada al yacimiento está reflejada por la presencia de Diques (pre y post mineralización) porfídicos Dacíticos (con fenocristales de cuarzo, hornblenda, biotita y feldespatos), del Mioceno medio a superior, que se encuentran asociados a un complejo intrusivo (sector de Soracaya y Cerro Evangelista), JICA 1977, determino una edad de 13,4 millones de años, para una muestra de dique lo que muestra ser uno de los eventos más jóvenes en el sector, finalmente un edificio volcánico félsico al Sur, próximo al depósito (Cerro Tholoma).

Los sedimentos Paleozoicos fueron plegados antes de la deposición de la secuencia Cretácica, la irregular paleosuperficie dio lugar a la formación de pequeñas cuencas cretácicas al oeste de la falla San Vicente.

La sedimentación en la cuenca Terciaria (sector sur) fue controlada durante el período Oligoceno Superior y Mioceno Inferior por cabalgamientos a sus



márgenes oeste y este (fallas Uyum-Khenayani, San Vicente respectivamente).

Los sedimentos de la formación San Vicente (que hospeda la mineralización) son de grano más fino hacia la parte central de la cuenca desde una facies de fanglomerado a las márgenes a una facies fluvial y lacustre en el centro. La marca de la geología regional se muestra en la litología del área del proyecto es relativamente simple. Incluye la facies fanglomerada de la formación San Vicente en contacto con sedimentos siliciclásticos Ordovícicos a lo largo de la falla San Vicente.

El fanglomerado consiste en un conglomerado de pobre clasificación con clastos sub-angulares de los sedimentos paleozoicos y de vetas de cuarzo. El cemento es de color gris-rojizo y consiste de limo – areniscas ferruginosas. No hay estructuras sedimentarias internas en la roca con la excepción de una imbricación local de clastos, que muestra una indicación general de la orientación de la estratigrafía (Mamani, 2014).

### **2.5.2. Geología estructural**

El aspecto estructural resaltante en la zona es la presencia de la falla de carácter regional San Vicente, importante porque se constituye en el límite occidental de la cordillera Oriental, de tipo Inverso, poniendo sedimentos paleozoicos sobre terciarios además de tener un componente de carácter Senestral (evidenciado esto por encontrarse al norte pliegues en Echelon en la formación Potoco).

Estructuralmente el área de la mina consiste en una serie de fallas pre-minerales de inclinación  $50^{\circ}$ - $85^{\circ}$  con rumbo oeste-noroeste, noroeste, y noreste. Ellas son parte de un patrón de estructuras de cizallamiento de tensión primaria y secundaria, relacionadas con un ambiente de tensión de orientación este-oeste



causado por movimientos de bajo ángulo de la falla San Vicente.

La orientación estructural (vetas oeste-noroeste) es representada por vetas de mayor extensión horizontal y anchos mineralizados de 2-6 metros. Estructuras NW (Noroeste) son más delgadas y más claras. están desarrolladas en la orientación más dilatacional y son caracterizadas por los mejores anchos y leyes (con extensiones que llegan hasta la falla San Vicente). la orientación estructural (vetas oeste-noroeste) es representada por vetas de mayor extensión horizontal y anchos mineralizados de 2-6 metros. Estructuras Sur oeste) son más delgadas y más cortas. Vetas (noreste) están desarrolladas en orientación más dilatacional y son caracterizadas por los mejores anchos y leyes con extensiones que llegan hasta la falla San Vicente). La marca geológica de la zona de la mina se muestra en la figura representando el modelo estructural ver anexo 2 (Challapa, 2010).

## **2.6. MINERALOGÍA**

### **2.6.1. Mineralización y Alteración**

Mineralización en el distrito se conoce sobre un área de cuatro por cinco kilómetros y un rango vertical mínimo de 200 metros. Las estructuras consisten, esencialmente en relleno de fallas pre-existentes. El flujo de las soluciones mineralizantes dio una textura típica, brechoide, donde los clastos, del conglomerado muestran mayor redondeamiento y otros rotos con vértices angulosos, el cemento del conglomerado en general es reemplazado por sílice y minerales de interés económico. La mineralización, en diques se restringen a zonas de intersección con las vetas, es común observar pirita y trazas de otros metales en los flancos externos de los diques en interior mina, dispuestos en planos paralelos.

En el distrito minero San Vicente se pueden observar 2 zonas con mineralización y características estructurales diferentes.



### **2.6.2. Sector tajos**

El sector de Tajos ubicado en el cerro de Tajos al norte de la zona central de San Vicente, se observa conglomerados con extensiones laterales con alto grado de silicificación alcanzando los 20 metros de potencia, las estructuras muestran características de cola de caballo, ya que en superficie se observan numerosas estructuras con potencias de varios metros las cuales en profundidad llegan a conformar una estructura y con potencia menor.

La mineralización en este sector está caracterizada por la presencia de Galena, Sulfosales de plata (socavón Inca), minerales de plata en óxidos la Querargirita (por enriquecimiento supergénico), este último fue explotado desde la época de la colonia, de los cuales quedan restos de las Í-Iuayra Chinas (hornos de fundición contruidos con arcillas), asimismo uno de los minerales frecuentes en Tajos son los óxidos de manganeso (Pirolusita) y la presencia de Baritina, lo que nos hace pensar que en el sistema hidrotermal esta zona se ubicaría en un nivel más alto con respecto a la zona central de la mina.

En el sector de Tajos, se puede observar zonas con complicaciones estructurales, ya que en varias zonas se observa cambios bruscos de buzamientos y además de mostrar zonas muy flexuradas (Veta "H") las que podrían ser favorables para la formación de clavos mineralizados con interés económico. En este sector de Tajos los análisis geoquímicos de superficie arrojaron altos valores de plata (< 1000 g/t), estos en muchos casos por enriquecimiento superficial, por lo cual la programación de taladros en superficie fue de carácter prioritario (Challapa, 2010)

### **2.6.3. Sector central de mina San Vicente**

Se observan numerosas estructuras alcanzando longitudinalmente 2,5 Km. (Veta 6 de agosto), con orientación preferencial NE/SW y otros casi





perpendiculares (Vetas Litoral y Unión), la mineralización en este sector es diferente con relación a la zona de Tajos, aparentemente en el sistema hidrotermal su ubicación estaría referida a un nivel más profundo. Las potencias de las estructuras alcanzan hasta 15 metros (Vetas 6 de agosto y Litoral), la mineralización en esta zona en superficie carece de óxidos de Manganeso.

Es común, observar planos de fallas post-minerales al techo y/o piso de las vetas que se constituyen en guías para su seguimiento en interior mina. En este sector se observa diques dacíticos post-mineralización, los cuales han aprovechado las fallas pre-existentes de las estructuras tal es el caso de la veta 6 de agosto donde el dique está dispuesto paralelo a la veta. En el caso de la veta Litoral hacia el este, podemos observar que el dique también ha aprovechado las fallas preexistentes al techo y en algunos a las fallas al piso, como también han seccionados a la veta separándola en dos. La mineralización en la mina San Vicente, consiste en un relleno y/o reemplazamiento del cemento del conglomerado, ocasionalmente se puede observar vetillas finas cortando los clastos de areniscas compuestas por pirita con Tetrahedrita y Esfalerita, asimismo se observan brechas hidrotermales (veta Litoral al este), cuya matriz ha sido reemplazada por sulfuros. El juego principal de minerales de mena, consiste en Esfalerita (Wurtzita y Marmatita), Tetrahedrita (variedad Freibergita), Galena y Calcopirita. Sulfosales de Plata en las partes altas, de las estructuras y muy ocasionalmente Casiterita mineral secundario producto a partir de sulfo-estannatos y minerales de cobre (Covelina y Boumita) en la veta San Francisco. Los minerales, de ganga son Pirita, Marcasita, Baritina, Cuarzo y Caolinita.

En este sector los análisis geoquímicos de superficie arrojaron altos valores de plata ( $< 820$  g/t), estos en muchos casos por enriquecimiento superficial, en otros

casos por la presencia de sulfuros en superficie. Niveles de oxidación son muy variables entre estructuras desde unos pocos metros hasta los 100 metros de desnivel, controlados estos por planos de fallas post- mineralización que se presentan en algunas estructuras.

La secuencia paragenética determinada con estudios de secciones delgadas y pulidas es como sigue:

**Tabla 3.**

*Secuencia paragenética.*

Fase temprana	-Cuarzo – Pirita-
Fase intermedia	-Esfalerita + Galena + Tetraedrita + Calcopirita
Fase subsecuente	- Pirita + Cuarzo + Baritina + Marcasita -

**Fuente:** Tesis Challapa, (2010).

Como se ve en la tabla anterior la mineralogía es muy simple con una fase temprana con Cuarzo-Pirita, una fase intermedia con Esfalerita-Tetraedrita-Galena-Calcopirita y Pirita-Cuarzo-Baritina-Marcasita presentes desde la fase inicial hasta la final. Asimismo, se observaron sulfosales de plata a nivel de trazas. Minerales de cobre y estaño muy ocasionalmente.

**2.6.4. Características del macizo rocoso**

De manera general las galerías fueron excavadas en los tres niveles en la zona de contacto entre el conglomerado y las dacitas, que corresponde a una brecha de falla con grandes clastos de dacitas y de conglomerados gradando a una brecha dacítica hacia el sur, estos materiales han sido alterados durante el proceso de mineralización. Los conglomerados se sitúan en el hastial derecho y la brecha de dacita en el hastial izquierdo. Estos tres materiales presentan características geológico -geotécnicas diferentes entre sí. Roca Intacta Los valores de resistencia a

la comprensión simple y módulo de elasticidad de la roca intacta han sido determinados a partir de datos de ensayos de laboratorio de mecánica de rocas realizados por la empresa Esar -Furgeotec en septiembre 2005 para las litologías de brecha, dacita y conglomerado correspondientes al macizo rocoso de la Veta Litoral, los mismos que fueron corroborados mediante ensayos de Martillo Schmidt insitu. Asimismo, se recopiló 05 muestras de la zona estudiada para que San Vicente haga realizar ensayos de mecánica de rocas, los mismos que servirán para compatibilizar la información considerada. En el Cuadro se presentan los promedios de estos resultados para cada litología.

**Tabla 4.**

*Propiedades de la Roca Intacta*

<b>Litología</b>	<b>Peso unitario</b> $\frac{\widehat{tn^3}}{m}$	<b>Resistencia a compresión simple</b> <b>(Mpa)</b>	<b>Módulo de elasticidad</b> <b>Gpa</b>
Brecha	2,7	45	5,93
Dacita	2,6	35	7,33
conglomerado	2,5	35	7,18

**Fuente:** (Mamani, 2014)

De acuerdo al cuadro, las dacitas corresponden a rocas de resistencia media, mientras que los conglomerados y brechas corresponden a rocas de resistencia media a baja.

#### **2.6.5. Geo Estructuras**

comportamiento estructural del sector evaluado está controlado por la presencia de fallas sub-paralelas de la veta litoral y sistemas de discontinuidades en



las rocas dacita y dacita brechada, los mismos que fueron registrados durante el mapeo geológico geotécnico. Los sistemas estructurales predominantes encontrados fueron : Familia de discontinuidad , con dirección de buzamiento de  $180^{\circ}$  a  $210^{\circ}$  y buzamiento de 60 a 80 al Sur, con un espaciamiento entre 0,30 hasta una persistencia mayor a 15m plana, ligeramente rugosa y con relleno de óxidos y caolín dentro de las discontinuidades Familia de discontinuidad 2, la segunda familia predominante tiene una dirección de buzamiento de  $320^{\circ}$  a  $355^{\circ}$  y buzamiento de 20 a 30 hacia el Norte , con espaciamiento de 0,2 a 0,5 m . y una persistencia de 1 a 5 m. plana, ligeramente rugosa y con re lleno de óxidos y caolín Sistema de fallas, las mismas que son sub -paralelas a la veta litoral, con dirección de buzamiento de  $170^{\circ}$  a  $180^{\circ}$  y buzamiento de  $70^{\circ}$  a  $78^{\circ}$  con espesores de 5 a 20 con relleno muy suave roca triturada y panizo. (Mamani, 2014).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

##### 3.1.1. Ubicación

La Unidad Minera de San Vicente -Pan American Silver Bolivia, está ubicada en la Provincia Sud Chichas del departamento de Potosí, Bolivia. Se encuentra a 450 kilómetros al Sur de la ciudad de Oruro y 250 kilómetros al sur oeste de la ciudad de Potosí.

**Tabla 5.**

*Ubicación Geográfica.*

Latitud.	21°16'
Longitud	66°19'
Altitud	4 500 msnm.

##### 3.1.2. Acceso

Por su posición, se puede acceder por camino de tierra y ripio al norte a las ciudades de Uyuni y Oruro una gran parte del año, exceptuando en la época de lluvias, al este- sudeste a la ciudad de Tupiza que dista 100 kilómetros de la mina (principal centro de abastecimiento) y la ciudad de Potosí que dista 250 kilómetros de la mina. La ubicación, de este centro minero se muestra en el anexo 13.

La línea férrea, que atraviesa de Norte a Sur del país, conecta dos ciudades importantes que son las más próximas al yacimiento, Uyuni y Tupiza, además de pasar por la localidad de Escoriani a 45 kilómetros aproximadamente de la unidad minera.

**Tabla 6.***Vías de acceso a la unidad minera*

	<b>Tipo de vía</b>	<b>Calidad</b>	<b>Distancia (km.)</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Observaciones</b>
Puno - Desaguadero	asfaltado	buena	147	2 hrs 25 min	En movilidad liviana
Desaguadero - La paz- el Alto	asfaltado	buena	97,3	1 hrs 39 min	En movilidad liviana
La Paz a Uyuni	Camino asfaltado.	Buena	547	7hrs 19 min	En movilidad liviana
Uyuni San Vicente	Camino asfaltado y tierra	Buena	204	2 hrs 30 min.	En movilidad liviana

### 3.1.3. Delimitación del área de investigación

La zona del proyecto se encuentra ubicado en la región occidental del Departamento de Potosí, en la parte Noroeste de la Provincia Sud Chichas, municipio de Atocha, el centro minero San Vicente está ubicada exactamente en la localidad del mismo nombre a una altitud que va desde 4 500 msnm a 4 700 msnm. Y presenta un clima frígido y seco.

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

### 3.2.1. Población

La población, “es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la



investigación” (Arias, 2006. Sus características estarán determinadas por el problema a investigar y los objetivos de la investigación.

En esta investigación nuestra población de estudio las chimeneas Ch - Alimak N° 2 Nivel - 285 (Union) al Nivel -210, Ch - Alimak N° 4 Nivel -240 al Nivel -190, Ch - Alimak N° 2 Nivel -210 al Nivel -110, Ch - Alimak N° 2 Nivel - 285 (Litoral) al Nivel -210, Ch - Alimak N° 1 Nivel - 240 al Nivel -70) realizadas en la Unidad Minera San Vicente - Pan American Silver – Bolivia,

### **3.2.2. Muestra**

La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de algunas variables o fenómenos de la población (Arias, 2006; Rojas-Soriano, 2013). A partir de la población cuantificada para una investigación, se determina la muestra, cuando no es posible medir cada una de las entidades de población; esta muestra, se considera, es representativa de la población (Tamayo, 2003).

De acuerdo a lo definido nuestra muestra fue la chimenea realizada en el nivel -240 de longitud de 182 m inclinación de 57°, realizado con plataforma trepadora Alimak en la Unidad Minera San Vicente – Pan American Silver – Bolivia

### **3.2.3. Muestreo**

Dirigido (no probabilístico).

## **3.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### **3.3.1. Enfoque de investigación**

El trabajo de investigación presenta un enfoque cuantitativo debido a la recolección de datos, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías que contribuyan a investigaciones futuras.



### **3.3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es descriptivo porque describirá las causas del desviamiento y procedimientos en la ejecución de la chimenea con plataforma trepadora Alimak.

### **3.3.3. Diseño de investigación**

El diseño de investigación es de tipo no experimental porque no se manipulo la variable independiente.

## **3.4. PROCEDIMIENTO**

La secuencia en el trabajo de investigación es:

- Se determino las causas que ocasionan una desviación en la realización de chimenea con plataforma trepadora Alimak.
- Se realizo una comparación de retorno de la desviación cada 15 m y 20 m para determinar el traslado de puntos y cuanto es la diferencia de estas.
- Se realizo el análisis del uso de punto dirección en la realización de chimenea con plataforma trepadora Alimak.
- Se implemento el uso de punto dirección para el control de la desviación en la realización de chimenea con plataforma trepadora Alimak.
- Se analizo la distancia del traslado de punto dirección en la realización de chimenea con plataforma trepadora Alimak.

## **3.5. VARIABLES**

### **3.5.1. Variable independiente**

Control en la construcción de chimenea con plataforma trepadora Alimak.

### **3.5.2. Variable dependiente**

Desviación en la construcción de chimenea con plataforma trepadora Alimak.





### **3.6. TÉCNICA DE RECOLECCION DE DATOS**

Para la recolección de datos se tuvo que analizar las causas de la desviación en la realización de chimenea con plataforma trepadora Alimak N°1, a su vez se realiza la implementación del uso de punto dirección para el control de la desviación en la realización de chimenea con plataforma trepadora Alimak.

#### **3.6.1. Pasos para el control de la desviación**

- Realizar capacitaciones sobre el uso de punto dirección
- Cambiar la dirección con respecto al proyecto inicial.
- Implementación de los puntos de dirección el cual será instalado en el techo de la chimenea
- Implementación de plomadas para la proyección de la dirección de la chimenea
- La marcación de la dirección deberá de realizarse en cada guardia
- El uso del clinómetro deberá de realizarse de manera correcta
- Los carriles que presentes daños serán separados
- La supervisión deberá de realizar inspecciones diarias
- Se deberá de realizar cumplimiento a las observaciones por parte de topografía
- El traslado de punto deberá de efectuarse cada 15 m.
- Realizar inspecciones de las herramientas para el control de la desviación

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### 4.1.1. Resultados para el objetivo general:

Controlar la desviación en la construcción de chimenea con plataforma trepadora Alimak en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia.

Para poder lograr el objetivo planteado se recurrió a analizar un pronóstico por el método de regresión lineal simple para el control de la desviación aplicando a una distancia de 15 m y 20 m.

**Tabla 7.**

*Datos comparativos a 15 m del eje principal y regresión lineal simple*

<b>Nro</b>	<b>Distancia cada 15 m</b>	<b>Distancia al proyecto inicial</b>	<b>Pronostico por regresión lineal</b>	<b>diferencia</b>
1	31,8	1,02	1,02	0,00
2	46,8	0,91	0,91	0,00
3	61,8	0,81	0,81	0,00
4	76,8	0,71	0,71	0,00
5	91,8	0,61	0,61	0,00
6	106,8	0,51	0,51	0,00
7	121,8	0,41	0,41	0,00
8	136,8	0,31	0,31	0,00
9	151,8	0,20	0,20	0,00
10	166,8	0,10	0,10	0,00
11	181,8	0,00	0,00	0,00

En la tabla se muestra cuanto es la recuperación hacia el eje principal del proyecto en cada 15 m de distancia, como también antes cambiaremos la dirección a  $201^{\circ}00'AZ$ . teniendo los datos de distancia y retorno al proyecto según topografía realizamos un cálculo mediante el método de regresión lineal simple, para realizar una comparación de si efectuamos el traslado de puntos a una distancia de 15 m obtendremos que la desviación promedio es de 0,00 cm, en una longitud de 181, 8 m.

**Tabla 8.**

*Resultado de cálculo realizado en regresión lineal simple*

$\bar{x} = 106,80$	$\bar{y} = 0,51$
$S_x = 49,75$	$S_y = 0,34$
$S_{xy} = -16,80$	$S_x^2 = 2475,00$
$S_{xy} = -16,76$	$R = -0,999955521$
$\hat{\beta}_1 = -0,0068$	$\hat{\beta}_0 = 1,2322$

X: distancia      Y: distancia de retorno al proyecto inicial

$$Desviacion = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 * Distancia$$

Con los datos de distancia cada 15 m y la distancia del retorno al proyecto inicial de la tabla N°7 se calcula la tabla N°8, obteniendo que el promedio de datos de distancia es 106,80, promedio de datos de retorno al proyecto inicial es 0,51, covarianza entre X e Y es -16,76, la desviación estándar de X es 49,75, la desviación estándar de Y es 0,34, el coeficiente de correlación de Pearson es -0,99995552, estos resultados ayudan a determinar a  $\hat{\beta}_0$  donde es la intersección y  $\hat{\beta}_1$  que es la pendiente. De esta manera se realiza el cálculo para el nivel de precisión en la recuperación del proyecto a la inicial.

**Tabla 9.***Datos comparativos cada 20 m con respecto al eje principal*

<b>Nro</b>	<b>Distancia cada 20 m</b>	<b>Distancia al proyecto inicial</b>	<b>Pronostico por regresión lineal</b>	<b>Diferencia</b>
1	31,8	1,02	1,05	-0,03
2	51,8	0,89	0,93	-0,04
3	71,8	0,82	0,81	0,01
4	91,8	0,75	0,69	0,06
5	111,8	0,61	0,58	0,03
6	131,8	0,48	0,46	0,02
7	151,8	0,34	0,34	0,00
8	171,8	0,20	0,22	-0,02
9	191,8	0,07	0,10	-0,03

En la tabla se muestra cuanto es la recuperación hacia el eje principal del proyecto en cada 20 m de distancia después de la desviación. Como también antes se realizó el cambio de la dirección a  $201^{\circ}00'AZ$ . teniendo los datos de distancia y retorno al proyecto según topografía, realizamos un cálculo mediante el método de regresión lineal simple, para realizar un pronóstico y una comparación de cuanto es la diferencia si efectuamos el traslado de puntos a una distancia de 20 m, de esta manera obtuvimos que la desviación promedio es de -0,04 cm y que el retorno al eje principal es a una longitud de 197,8 m

Para el control de la desviación en la construcción de chimenea con plataforma trepadora Alimak, de acuerdo a lo indicado en el manual de Alimak, se toma como dato la distancia mínima de punto a punto que es de 15 m. para generar un mayor control en la dirección.

#### 4.1.2. Resultados para el primer objetivo específico:

Identificar causas de una desviación en la realización de chimenea con plataforma trepadora Alimak en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia

**Tabla 10.**

*Datos de la desviación cada 5 m con respecto al eje del proyecto inicial*

Ítems	Distancia	Desviación
1	0	0,00
2	5	0,19
3	10	0,30
4	15	0,33
5	20	0,54
6	25	1,18
7	30	1,62
8	35	1,74

En la tabla mostrada se puede apreciar que en una longitud de 35 m se llegó a una desviación de 1,74 m lado cable, de esta manera realizando un análisis mediante el Opt al pets N° 7 (ver anexo 7), se determinó los pasos que no se realizaron como lo indicado y lo separaremos en causas principales y secundarias que ocasionan una desviación.

##### 4.1.2.1. Causas principales de la desviación

- Carriles en mal estado (deterioro y desgaste, ver anexo 4)
- Perforación (paralelismo y distribución de taladros ver anexo 6)
- Mal anclaje de carriles (ver anexo 6)



- Mal ajuste de tuercas en el anclado de pernos de expansión
- Mal marcado de frente de chimenea en el sellado de esta
- Incumplimiento de pets N° 7
- Mal uso de clinómetro digital

#### **4.1.2.2. Causas secundarias de la desviación**

- Exceso de confianza en el anclaje de carril
- Realizar chimeneas de diferentes direcciones sin usar carriles invertidos (dañan carriles rectos)
- Mal cálculo de accesorios para ejecutar la chimenea de 182 m
- Incumpliendo a las observaciones topográficas
- Falta de supervisión

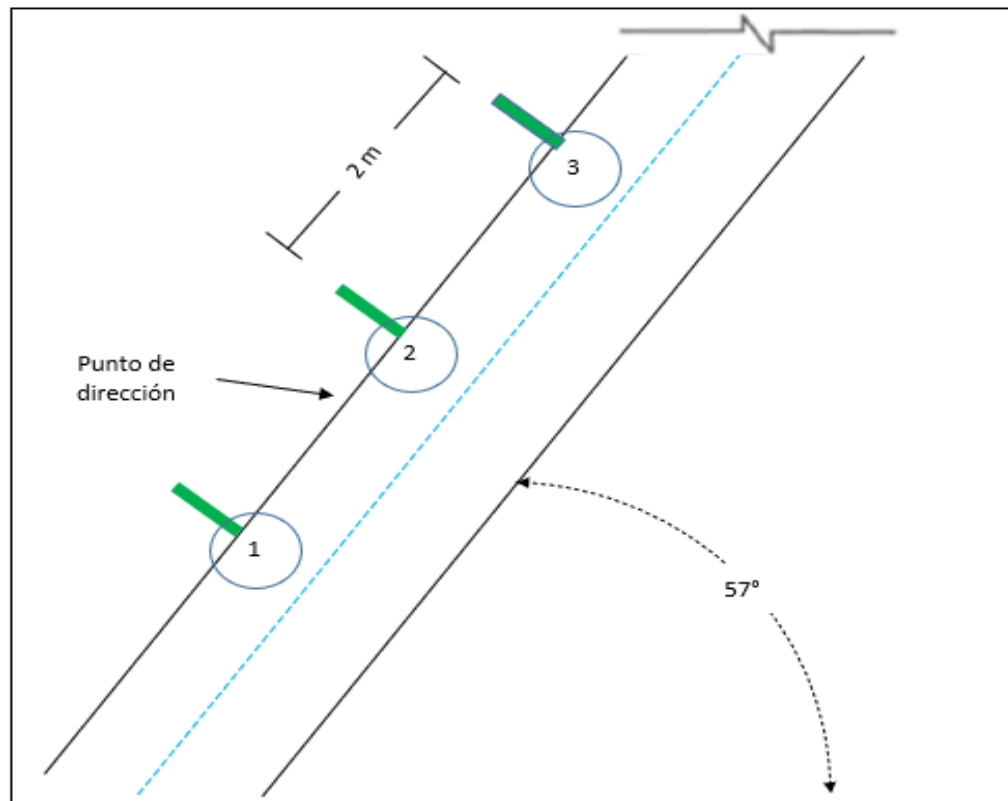
#### **4.1.3. Resultados para el segundo objetivo específico**

Emplear el uso de punto dirección para el control de la desviación en la construcción de la chimenea con plataforma trepadora Alimak en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia.

##### **4.1.3.1. Consideraciones en el uso de punto dirección**

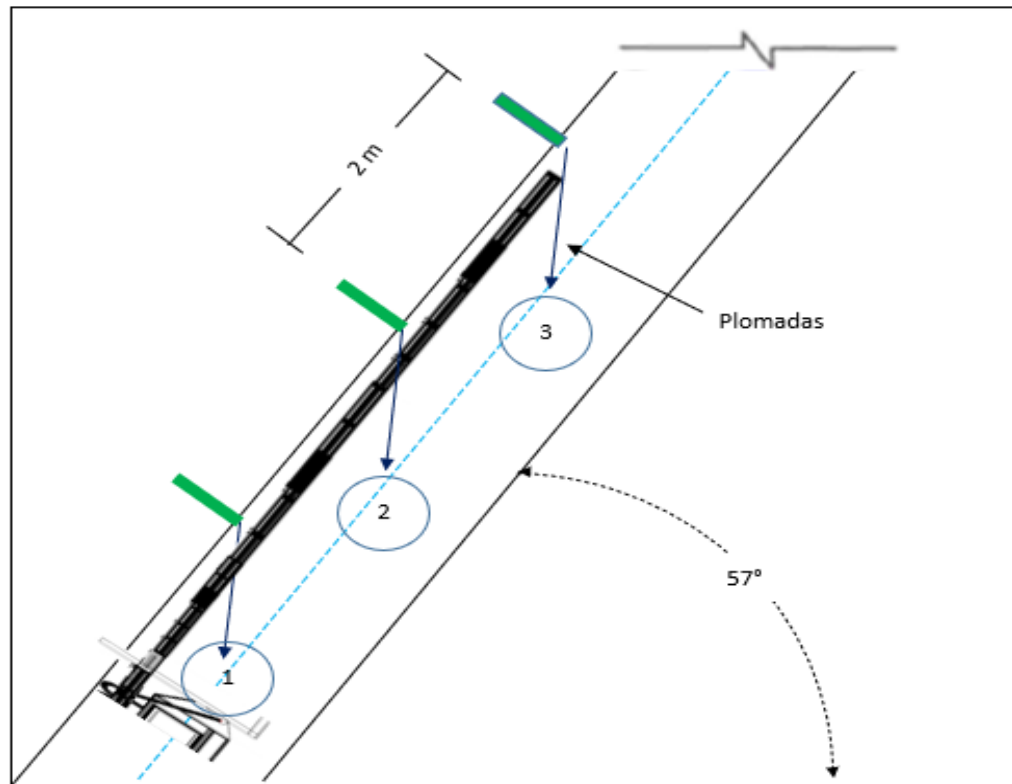
- Capacitación al personal sobre el uso de punto dirección.
- Coordinación con topografía sobre la instalación de los puntos de dirección en el techo el cual es efectuado por tener una inclinación menor a los 60°
- Instalación de puntos referenciales con cinta reflectiva a 0,40 cm del eje principal
- Pintado del eje referencial con sprait el cual debe de ser a 0,40 cm del eje principal (ver anexo 10 y 11), en cada anclaje de carril de cada turno.

- Colocar las plomadas en los puntos y proyectar alineando los puntos con la lampara,
- El espaciado de punto a punto fue de 2 metros entre sí.
- Reporte diario de inclinación y dirección.



**Figura 11.** Instalación de puntos en el techo de chimenea Alimak.

En la figura mostrada se puede apreciar la ubicación de los puntos de dirección, las cuales se ubicaron solo en el techo de la chimenea, esto debido que la inclinación de la chimenea es de  $57^\circ$ , la distancia entre estos puntos son de 2 m una del otro, estos puntos ayudaron en el control de la desviación que fue el problema en la realización del proyecto de 182 m de longitud, mientras que la inclinación fue obtenida por el clinómetro digital, estos puntos esta ubicados a 0,40 cm del eje principal (debido a que en el eje está ubicado el carril de avance), y el traslado de estos puntos fue cada 15 m.



**Figura 12.** Uso de plomadas para el control de dirección

**Tabla 11.**

*Elementos para el control de dirección*

Descripción	Cantidad	Unidad
Plomadas	3	Und.
Cordel	10	Mts
Sprait	1	Und.
Flexómetro	1	Und
Clinómetro digital	1	Und
Lampara minera	2	Und.
Uso de ojos de gato (cinta reflectiva)	4	Und.
Libretas de apunte	1	Und.
Cáncamos	3	Und.



Los elementos mostrados en la tabla ayudaron a tener un control a la no incurrencia en desviaciones futuras, las plomadas, cordel cáncamos y lampara son usados para sacar la dirección de la chimenea, el flexómetro, sprait, y cinta reflectiva con usados para sacar el eje referencial, el clinómetro digital será empleado para sacar la inclinación tal como se muestra en la figura 12.

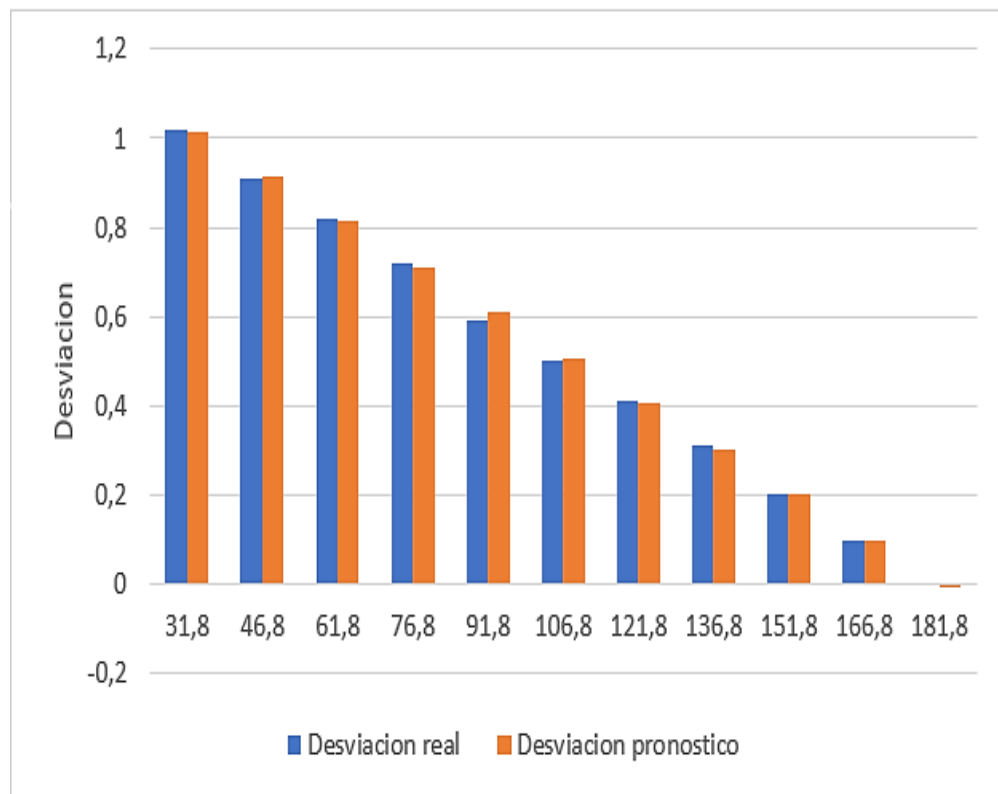
**Tabla 12.**

*Resultado de obtención de datos pronóstico, reales y la diferencia*

<b>Distancia cada 15 m</b>	<b>Pronostico por regresión lineal</b>	<b>Distancia al proyecto inicial real</b>	<b>Diferencia</b>
31,8	1,02	1,02	0,00
46,8	0,91	0,91	0,00
61,8	0,81	0,82	0,01
76,8	0,71	0,72	0,01
91,8	0,61	0,59	-0,02
106,8	0,51	0,50	-0,01
121,8	0,41	0,41	0,00
136,8	0,30	0,31	0,00
151,8	0,20	0,20	0,00
166,8	0,10	0,10	0,00
181,8	0,00	0,0	0,00

En la tabla se muestra que el pronóstico por regresión lineal simple a una distancia cada 15 m y la distancia del retorno al proyecto inicial tienen una variación promedio de 0,00 en su ejecución, por ello se determinó que la distancia de cada 15 m es el ideal para el traslado de puntos, pero el uso de puntos de dirección son el complemento en la no incurrencia de desviaciones, el

método de uso se ven en la figura 12 y 13 de la presente investigación, como

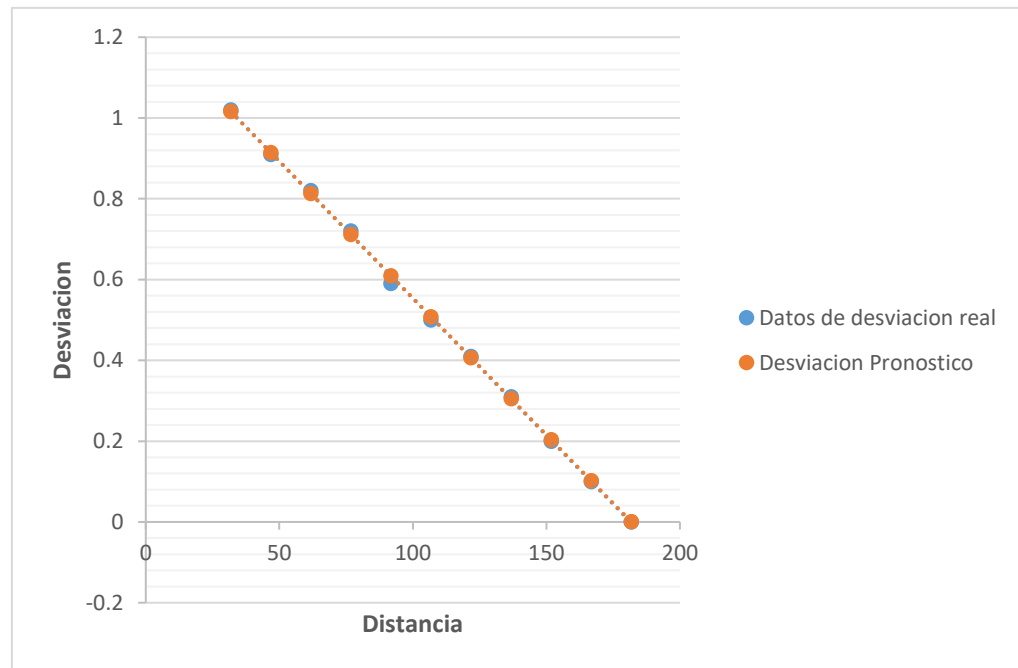


también en la tabla 10 apreciamos los elementos que se deben de emplear

**Figura 13.** Comparación de desviaciones

La figura 14 se evidencia la comparación de la desviación real respecto a la desviación pronostico que se realizó mediante una progresión lineal simple, el empleo del punto de dirección a cada 15 m el cual se inició a partir de una longitud de 31,8 m de avance, se muestra una reducción de la desviación progresivamente al emplear los puntos de dirección a cada 15 m llegando a un valor de 0,00 de desviación, llegando a comunicar la chimenea Alimak según el proyecto inicial.

Esto quiere decir que el empleo de los puntos de dirección tiene un efecto positivo en el control de la desviación hasta llegar a la exactitud en la comunicación de la chimenea Alimak como se evidencia en el Anexo 11.



**Figura 14.** Curva de desviación real y desviación pronostico

En la figura se tiene una línea con tendencia a cero debido a que a una distancia de 181,8 m se llega a estar dentro del proyecto inicial y la comunicación de esta chimenea se ha realizado como lo planificado al inicio del proyecto (ver anexo 12).

## 4.2. DISCUSIÓN

Mediante el método de regresión lineal simple se realizó pronósticos para 15 m y 20 m en el cual se obtuvo mejores resultados en el pronóstico cuando se realiza las mediciones cada 15 m, de esta manera indicar que a una longitud de 181,8 m la chimenea estará dentro del proyecto inicial en la realización de chimenea de 182 m de sección de 3 x 3 m, con inclinación de  $57^\circ$ , de esta manera se llega al resultado similar de (Zuni, 2015) que indica que el trepador funciona con precisión casi quirúrgica. Sin importar la longitud de la chimenea, este terminará arriba en el punto exacto como su alineación en el eje de la chimenea, se puede ajustar continuamente de existir alguna desviación del proyecto.



Que con el análisis del pets N°7 se determina las causas primarias como: carriles en mal estado, perforación (paralelismo y distribución de taladros), mal anclaje de carriles, mal ajuste de tuercas en el anclado de pernos de expansión, mal marcado de frente de chimenea en el sellado de esta, incumplimiento de pets, mal uso de clinómetro digital. Dentro de las causas secundarias: exceso de confianza en el anclaje de carril, realizar chimeneas de diferentes direcciones sin usar carriles invertidos (dañan carriles rectos), mal cálculo de accesorios para realizar la chimenea de 182 m, incumpliendo a las observaciones topográficas, falta de supervisión, de esta manera discrepando con el resultado de (Zuni, 2015) donde concluye que la mano de obra no requiere mucha especialización y preparación en la realización de chimenea con plataforma elevadora Alimak.

Con la capacitación al personal sobre el punto de dirección, coordinación con topografía para la instalación del punto de dirección en el techo, la instalación de puntos referenciales, pintado del eje, el uso de plomadas para el punto de dirección, el espaciado de los puntos de 2 m, y seguimiento diario fue esencial para lograr una comunicación exacta sin desviación, realizando la comparación del avance real con el pronóstico de regresión lineal a una distancia de 15 m. Estos resultados son muy similares a lo indicado por Linden Alimak (1990) donde menciona que por medio de un instrumento de nivelación estos dos puntos se alinean en la dirección planeada para la chimenea. Un tercer punto de alineamiento se arregla como 15 ó 25 m. arriba de los anteriores. Por ejemplo, un palo de retacar de tal manera que la línea centra puede marcarse en el techo de la chimenea, esto es realizado mejor por los topógrafos. es necesario un alto grado de precisión, alineamiento se revisará frecuentemente



## V. CONCLUSIONES

A nivel general para controlar la desviación en la construcción de chimenea con plataforma trepadora Alimak se cambió la dirección a  $201^{\circ}00'AZ$  según el proyecto inicial de la chimenea, el traslado de puntos se determina mediante el método de regresión lineal simple, que a cada 15 m de control en una longitud de 181,8 m, la chimenea está dentro del proyecto con una desviación promedio de (0,00) y cada 20 m de control en una longitud de 191,8 m la chimenea está a -0,04 por ello se determina que el traslado de punto se efectuó cada 15 m en la realización de chimenea con plataforma trepadora Alimak en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia,

mediante un análisis al pets N°7 se determinó lo siguiente: causas principales de una desviación: carriles en mal estado, perforación (paralelismo y distribución de taladros), mal anclaje, mal ajuste de tuercas en el anclado de pernos de expansión, mal marcado de frente de chimenea en el sellado de esta, incumplimiento de pets y estándares, mal uso de clinómetro digital. Dentro de las causas secundarias: personal no capacitado, realizar chimeneas de diferentes direcciones sin usar carriles invertidos (dañan carriles rectos), terreno suelto, incumpliendo a las observaciones topográficas, falta de supervisión en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia.

Mediante el uso de punto dirección para el control de la desviación en la construcción de la chimenea Alimak, se llegó a obtener el nivel de precisión que es de 0,00, se estandarizo que la ubicación de estos tres puntos sea en el techo a 0,40 cm del eje principal con el uso de plomadas, como también la distancia de estos puntos es de 2 m uno del otro realizados en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver – Bolivia



## VI. RECOMENDACIONES

Para mejorar la ejecución de chimeneas con plataforma trepadora Alimak se debe de realizar un correcto cálculo de sus accesorios.

Realizar un programa de capacitaciones en la ejecución de chimenea con punto dirección en la realización de chimeneas con plataforma trepadora Alimak.

El uso de punto dirección en el techo solo es aplicable si se trabaja con una inclinación menor a  $60^\circ$ .



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, W. & Mallqui, A. (2019). *Influencia en la construcción de la chimenea 081 con Alimak para el mejoramiento del sistema de ventilación de las labores del nivel 4230 compañía minera Kolpa s.a. – Huachocolpa Huancavelica 2018.* [Universidad Nacional de Huancavelica] <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3195>
- Linden Alimak *plataforma trepadora alimak STH-5*, manual de instrucciones
- Arkbros Industries (2010). *Arkbros Training Course*”.
- Arkbros Industries (2010). *Raise Climber Technical Description*.
- Avila, H. (2006), *Introducción a la Metodología de la Investigación, México*. Edición electrónica.
- Chinchercoma, J. (2018). *construcción de pique de caída a un diámetro de 12,20 m mediante ejecución de chimenea piloto usando plataforma y jaula de seguridad en central hidroeléctrica quitaracsa i - ancash.* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5059>
- Challapa , B. (2010). *Determinación de un sistema de control sobre la eficiencia de la instalación de pernos de enclaje SPLIT SET en la mina San Vicente* [Universidad Técnica de Oruro – Bolivia]
- Curasma, J.& Tito, E. (2014). *optimización de operaciones en las construcciones de chimeneas con el método Raise Climber utilizando equipo Alimak STH-5E en mina marsa· 2012.* [Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/600>



Departamento técnico de EXSA S.A. (2005) *Manual práctico de voladura*. Edición especial.

Guevara, G. Verdesoto A. & Castro, N. (2020). *Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)*. Recimundo, 4(3), 163-173. Recuperado de: <http://recimundo.com/index.php/es/article/view/860>

Huamani, H. (2012). *construcción de chimeneas por método convencional y plataforma alimak en la mina raul, 2011 perteneciente a la empresa minera condestable s.a.c.* [Universidad Nacional de San Cristobal De Huamanga]

<https://docplayer.es/20305460-Construccion-de-chimeneas-por-metodo-convencional-y-plataforma-alimak-en-la-mina-raul-2011-perteneciente-a-la-empresa-minera-condestable-s-a.html>

Linden Alimak, (1990). *Plataforma Trepadora Alimak Manual de Instrucciones*.

Langefore, U. y Kihlstrom, B. (1968). *Técnica moderna de voladura de rocas*. Ediciones Urmo

Mamani, B. (2014). *Variante del método de explotación SLS al método Avoca aplicando en el rajo N2 Veta Litoral R2 Bloque 9200 nivel -110 y -130 en la Empresa Minera – Potosi*. [Universidad Tecnica de Oruro – Bolivia]

Rodríguez, M. (1993). *Minería sin rieles en Mina San Vicente*. [Universidad Tecnica de Oruro – Bolivia]

Salvatierra, P. (2010). *Análisis de inversión y operación con maquina Alimak en la mina Raul*. [Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga].

<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2184>





Salinas, J. (2008). *Innovación educativa y uso del tic*. Universidad Internacional de Andalucía.

Tamayo, M. y Tamayo (1994) *el proceso de la investigación científica*. Editorial Llmusa. S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores.

Vílchez, W. & Vílchez, L. (2015). *Estudio comparativo de construcción de chimeneas, por método convencional Ch. 340 SW y mecanizado con plataforma trepadora Alimak Ch. 480 SW, en la Zona Torre de Cristal de la Compañía Minera Raura S.A.* [Universidad Nacional del Centro del Perú].

<http://hdl.handle.net/20.500.12894/3859>

Yucas V. (2015). *análisis geomecánico del macizo rocoso para la construcción de la chimenea Glory Hole mediante el sistema alimak*. [Universidad Central del Ecuador].

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6783>

Zuni, J. (2015). *construcción de chimenea de equilibrio, con plataforma elevadora alimak, en las obras subterráneas del proyecto hidroeléctrico Misicuni Cochabamba – Bolivia*. [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/209>



## ANEXOS

## Anexo 1. Componentes de equipo y accesorios Alimak

Pos.	Pieza núm.	Descripción	Pos.	Pieza núm.	Descripción
1	3/4"UNC×127 galv	Tornillo Bufo 80	7	43×5	Anillo obturador toroidal (normal)
2		Válvula 1"		40×7	Anillo obturador toroidal (variante)
3	413948	Alt. I Placa de cabezal con 2 grifos (normal)	8	3/4"UNC galv.	Tuerca Bufo 80 M
	476583	Alt. II Placa de cabezal con 3 grifos	9	376370	Soporte para mangueras y cables, con dos rodillos para curva
	479380	Alt. III Placa de cabezal con 4 grifos	10	373462	Soporte para mangueras y cables, con dos rodillos
4	476047	Placa de cabezal con conexión al lubricador en la jaula para martillos perforadores	11	315752	Abrazadera para soporte suplementario
5	314124	Placa de cabezal con toberas para aire y agua	12		Pieza de separación (para exceso de excavación extraordinariamente amplia)
6	413080	Placa protectora		414496	Pieza de separación de 100 mm 4"
				414497	Pieza de separación de 200 mm 8"
				414498	Pieza de separación de 300 mm 12"
				414499	Pieza de separación de 500 mm 20"
			13	213758	Soporte
			14	3/4"UNC×89 galv.	Tornillo Bufo 80
			15	3/4"UNC×45 galv.	Tornillo Bufo 60
			16		Pernos extensibles, completos, con tuercas y arandelas:
				414477	EXB 1 1/8"×800 2'7 1/2" (normal)
				414476	EXB 1 1/8"×1200 3'11"
				414636	EXB 1 1/8"×1600 5'2 1/2"
			17	415188	Arandela para vigas en U
			18	414625	Arandela cuadrada
			19	415080	Tuerca
			20		Carriles guía curvados (véase la sección C)
			21	173788	Carril guía de servicio (véase la sección C, folleto 207)
			22	474282	Tope inferior, con amortiguador de goma (sólo para STH-5. Para los tipos anteriores, véase la pág. 2)
				432804	Amortiguador de goma
			23	5/8"UNC×76 galv.	Tornillo Bufo 60
			24	5/8"UNC galv.	Tuerca Bufo 60 M
			25	315751	Fondo del carril guía, con racores para aire y agua

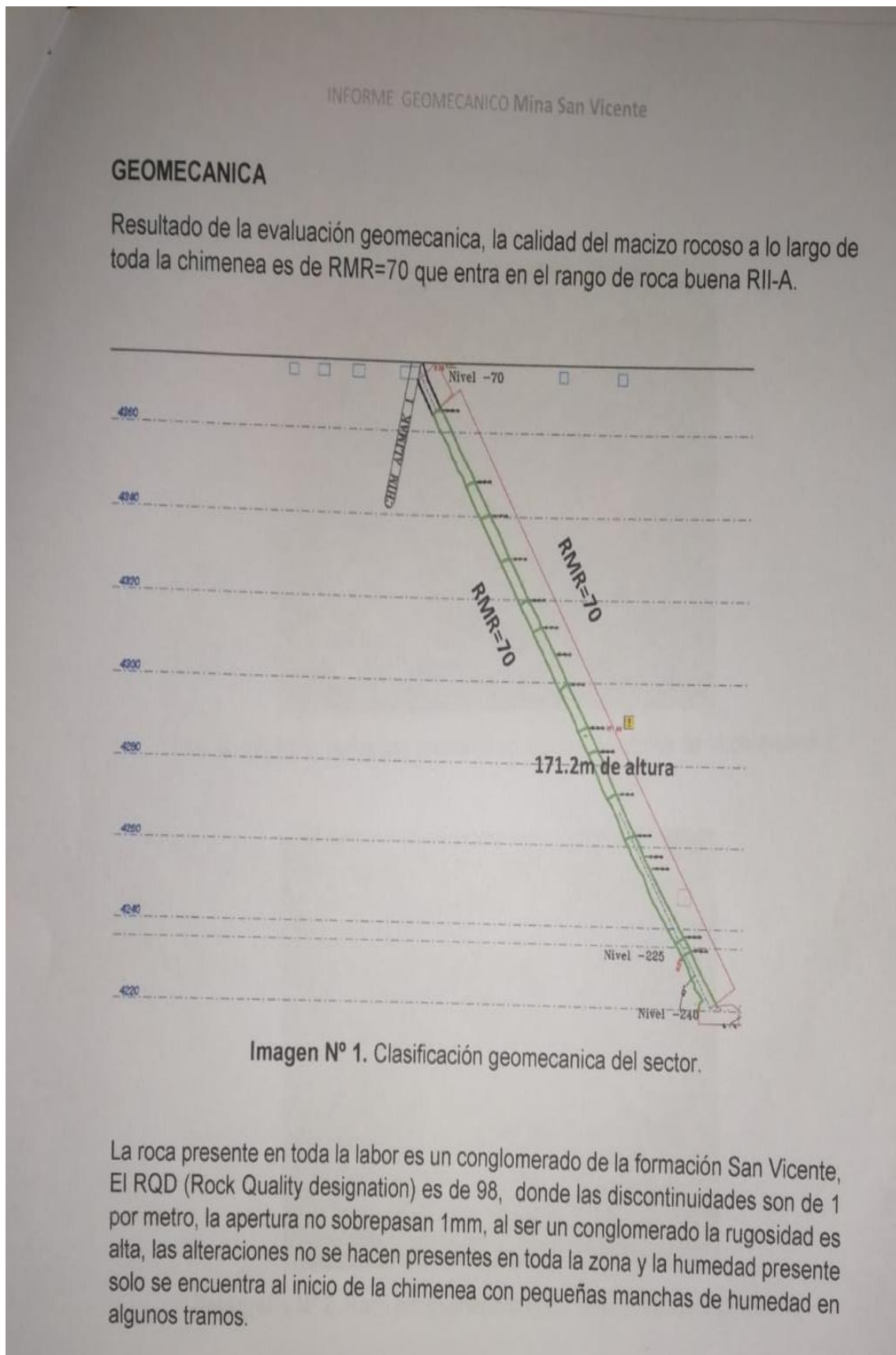
Fuente: *Manual de partes Alimak*

**Anexo 2.** Veta 6 de agosto



**Fuente:** Challapa, (2010)

**Anexo 3. Figura de informe geomecanico de chimenea N° 1 de long. 182 m**





**Anexo 4. Carriles en mal estado**



**Anexo 5.** *Equipo principal Alimak en mantenimiento*



**Anexo 6.** *Desviación en longitud de chimenea*







**Anexo 7. Opt de pets anclaje de carril en chimenea Raise Climber**

		<b>OBSERVACION PLANEADA DEL TRABAJO (OPT)</b>		CODIGO	STCM-SG-OPT-01
				REVISION	01
				PAGINA	1 de 1
FECHA	26-03-2022			HORA	10:50 am
TAREA A OBSERVAR (Nombre del PETS)					
Anclaje de carril en chimenea Raise climber Alimor					
LABOR - NIVEL - SECCION					
CH-PC-01 Nivel-240					
NOMBRE DEL TRABAJADOR OBSERVADO		OCUPACION	EMPRESA		
Juan Sulcañay		Lra. Peñuñeta	Sotecmin		
MOTIVO DE LA OPT		CON AVISO PREVIO		SIN AVISO PREVIO	
Tarea de alto riesgo		Trabajadores nuevos		Trabajadores antiguos	
Ocurrencia de incidentes		Trabajadores transferidos		Otros	
Trabajos, tecnología o equipos nuevos		Otros			
OBSERVACION DEL TRABAJO SEGUN EL PETS					
De la secuencia de pasos del PETS, identifique cual de los pasos no se cumple o se realiza de diferente manera al establecido y que pueda provocar lesiones o pérdidas.					
Paso Nro	Descripción del paso	Lesión o pérdida que podría ocasionar		Corrección / Acc. Correct.	
4.18	Ajuste de tuercas contabilizando las vueltas de enroscado con llave 1/2"	despues prematuro de componentes del equipo, desajuste.		Se realiza capacitación in situ, sobre un correcto anclaje de carril.	
RESPONDA LAS SIGUIENTES PREGUNTAS CON DETALLE Y COLOQUE EL % QUE CORRESPONDA					
¿Se utilizan los EPP especificados en el PETS?	10%	Si	10%		
¿Se utilizan las herramientas y equipos especificados en el PETS?	10%	Si	10%		
¿Se cuenta con el personal necesario establecido en el PETS?	10%	Si	10%		
¿Durante el desarrollo de la actividad se sigue la secuencia de los pasos establecidos en el PETS?	50%	Si	38%		
<b>DEL TRABAJADOR OBSERVADO</b>					
¿El trabajador conoce el PETS?		Si	8%		
¿El trabajador Tiene el PETS asu disposicion?		Si	10%		
			86%		
SI EL % OBTENIDO ES MENOR DE 70%			SI EL % OBTENIDO ES MAYOR A 70%		
El trabajador requiere supervisión permanente <input type="checkbox"/>			El trabajador puede mejorar - Hay que reforzar su comportamiento <input checked="" type="checkbox"/>		
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES (evaluar si el PETS es adecuado para la tarea o requiere mejoras)					
el pets requiere mejoras.					
RETROALIMENTACION (si el trabajador no ha seguido la secuencia o ha omitido algún paso debe ser retroalimentado)					
TEMA DE RETROALIMENTACION		NOMBRE Y APELLIDOS DEL TRABAJADOR		FIRMA	
pets Anclaje de Carril, CH-PC- Alimor		Juan Sulcañay A.			
NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR OBSERVADOR		FIRMA DEL RESPONSABLE DE LA JEFATURA/ SECCION		FIRMA SSOMA	
Aler Quispe		Rómulo Cordero			



## Anexo 8. *Pets de anclaje de carril en chimenea Riase Climber*

	<b>Anclaje de carriles en Chimenea Riase Climber</b>		
	Área: Mina	Versión: 3	
	Código: PETS-MIN-RC-07	Página: 1 de 3	

### 1. PERSONAL

- |  |                            |
|--|----------------------------|
| 1.1. Ing. Jefe de Guardia / Supervisor | 1.4. Perforista 2          |
| 1.2. Líder perforista                  | 1.5. Perforista -Valvulero |
| 1.3. Perforista 1                      |                            |

### 2. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 2.1. Overol con cintas reflectivas. | 2.8. Guantes de nitrilo o cuero.        |
| 2.2. Protector tipo sombrero.       | 2.9. Ropa de jebe                       |
| 2.3. Barbiquejo.                    | 2.10. Botas de jebe con punta de acero. |
| 2.4. Lentes de seguridad.           | 2.11. Correa porta lámpara.             |
| 2.5. Respirador.                    | 2.12. Equipo contra caídas              |
| 2.6. Cartucho para polvo.           |   |
| 2.7. Protector auditivo.            |   |

### 3. EQUIPOS / MATERIALES / HERRAMIENTAS



- |  |  |
|--|--|
| 3.1. Lámparas mineras.                   | 3.13. Pernos de grado de 3/4x5", 3/4x3" y 3/4x2  |
| 3.2. Jaula Trepadora Principal           | 3.14. Tensionadores de carriles                  |
| 3.3. Jaula Trepadora Auxiliar            | 3.15. Barretillas de 4', 6' y 8 pies             |
| 3.4. Maquina perforadora jackleg         | 3.16. Clinómetro digital o media luna (aluminio) |
| 3.5. Juego de barrenos de 2', 4', 6 pies | 3.17. Nivel de mano                              |
| 3.6. Broca de anclaje 32 mm              | 3.18. Detector de gases                          |
| 3.7. Pernos de expansión de 3,4, 5 pies, | 3.19. Radios Portátiles (03 Und.)                |
| 3.8. Carriles guía rectos                | 3.20. Arco y sierra                              |
| 3.9. Carril de seguridad                 | 3.21. Comba 6 Lb y 12 Lb                         |
| 3.10. Espaciadores 10, 20, 30 cm         | 3.22. Llaves mixtas de 1 1/8                     |
| 3.11. Ángulos                            | 3.23. Llave francesa de 12".                     |
| 3.12. O'ring                             | 3.24. Llave Stylson de 10" y 12".                |
|  | 3.25. Llave de reseteo                           |

### 4. PROCEDIMIENTO

- 4.1. Recibir la orden directa del supervisor de turno.
- 4.2. Inspeccionar el acceso y área de trabajo, verificando la ventilación y llenado correcto de las herramientas de gestión







	<b>Anclaje de carriles en Chimenea Raise Climber</b>		
	Área: Mina	Versión: 3	
	Código: PETS-MIN-RC-07	Página: 2 de 3	

- 4.3. Realizar orden y limpieza.
- 4.4. Verificar la ventilación en la cámara y que la válvula múltiple de alimentación de aire comprimido hacia el tope de la chimenea esté abierta (ventilación por tercera línea).
- 4.5. Inspeccionar herramientas, materiales, y equipo jaula trepadora de acuerdo al check list, si está operativo ascender a chimenea.
- 4.6. El Líder perforista solicitará el PETAR con sus respectivas firmas antes de ascender a la chimenea y este deberá ser firmado al inicio y al final de la jornada por el trabajador.
- 4.7. Alistar las herramientas, materiales y verificar el equipo jaula trepadora se encuentre en buenas condiciones para ascender a la chimenea.
- 4.8. El líder perforista y el perforista coordinarán los trabajos a desarrollar para tener una comunicación efectiva con supervisor de turno y valvulero.
- 4.9. El personal asciende al tope de la chimenea con el carril, accesorios de anclaje y los EPPs, uso correcto del arnés de seguridad con su línea de vida con absorbedor de impacto y anclaje en un punto del equipo. **(Exposición a caídas)**
- 4.10. Estacionamiento de la jaula principal, subir cautelosamente de la canastilla a la plataforma, sacando primero la cabeza y después las manos, siempre anclados a un punto fijo.
- 4.11. Una vez en la plataforma anclarse en un punto fijo de la plataforma
- 4.12. Posicionar el guarda cabeza.
- 4.13. Inspeccionar el frente de trabajo y realizar el desatado de rocas.
- 4.14. Posicionar el carril de avance con los pernos de grado al carril anterior
- 4.15. Instalar el equipo de perforación
- 4.16. Realizar la perforación con el uso de broca 32 mm para la instalación de pernos de expansión y anclaje de carril de acuerdo a la dirección del proyecto.
- 4.17. Instalación y ajuste de bracket o ángulo con los pernos de 3/4x5", 3/4x3" y 3/4x2". Y los espaciadores que requiera el proyecto
- 4.18. Procedemos a ajustar las tuercas del perno de anclaje, de acuerdo a la inclinación del proyecto contando las vueltas del enroscado
- 4.19. Usar el clinómetro digital o media luna para verificar que la inclinación este dentro del proyecto
- 4.20. Usar el nivel de mano para verificar que la dirección este correcto
- 4.21. Repetir los pasos anteriores hasta la comunicación de chimenea
- 4.22. Realizar orden y limpieza en la labor.
- 4.23. Reportar cualquier incidente o accidente que sucedan durante la jornada laboral.





	<b>Anclaje de carriles en Chimenea Raise Climber</b>		
	Área: Mina Código: PETS-MIN-RC-07	Versión: 3 Página: 3 de 3	

#### 5. RESTRICCIONES

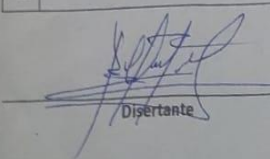
- 5.1. Prohibido ingresar a una labor inmediatamente después del disparo.
- 5.2. Se prohíbe ingresar a la chimenea disparada sin haber realizado la ventilación.
- 5.3. Está prohibido trabajar en zonas cuyo monitoreo excedan LMP.
- 5.4. Está prohibido trabajar en zonas cuyo monitoreo registren valores menores a 19.5% de O<sub>2</sub>.
- 5.5. No realizar ninguna actividad si no cuenta con orden de trabajo.
- 5.6. No tener el PETAR autorizado.

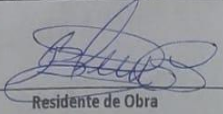
PREPARADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
			
Yerson Pérez teipe LÍDER PERFORISTA FECHA DE ELABORACIÓN: 17-06-2019	Rómulo Cerdeña Sánchez RESIDENTE DE OBRA 21-06-2019	Javier M. Sulca Castro JEFE SSOMA 27-06-2019	Mariluz Davila Falcon GERENTE DE GENERAL FECHA DE APROBACIÓN: 27-06-2019




Anexo 9. Capacitación al personal sobre uso de punto dirección

Sotecomín		REGISTRO		STCN-HSI-01-19
		ASISTENCIA A CHARLAS		Version-01
DISERTANTE: Alex Quispe O.		FECHA: 06-03-2022		TIEMPO DE DURACIÓN
CARGO: Ing. Seguridad / Operación		DE HRS. 9:00 AM A HRS. 10:20 AM		HORAS: 1:20 m
SECCIÓN: Mina - CH-RC-01		TURNO: B		MINUTOS: 80 min.
<input type="radio"/> CHARLA DE 5 MIN	<input checked="" type="radio"/> CAPACITACIÓN	<input type="radio"/> MEDIO AMBIENTE	<input type="radio"/> SALUD	
<input type="radio"/> CHARLA MENSUAL	<input checked="" type="radio"/> INTERNA	<input type="radio"/> EXTERNA	<input type="radio"/> RESCATE MINERO	<input type="radio"/> OTROS
TEMA DESARROLLADO: Uso de punto dirección en la ejecución de chimenea con plataforma trepadora Alinari.				
N°	NOMBRES Y APELLIDOS	NRO CARNET	CARGO/ÁREA	FIRMA
1	Beimar Cuevas Notasco	12526226	Ayudante / vol. min	
2	Daniel Marcos Condori	5530004	Ayudante / vol. min	
3	Teodoro Tappe D.	7431073	Perf. / Mina	
4	Juan Sulcaray Aguirre	41696910	Perf. / Mina	
5	Basilio Tappe D.	23461809	Perf. / Mina	
6	Aberto Jara M	8369837	Perf. II	
7	Josinto Pulisaca. Clara	43247690	Perf. - volador	
8	Marcelino Vasquez S.	23227417	Perf. - volador	
9	Calixto Anatau H.	91333401P	Operador serecep	
10	Conrado Puente Chilpanco	86764370	conductor.	
11	Wilson Pito Javier	5571325 PT	DDR	
12	Romdo Saldano Sanchez	24677549	Residente.	
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

  
Disertante

  
Residente de Obra

  
Seguridad





**Anexo 10.** *Pintado de eje a 40cm del eje lado piso*



**Anexo 11.** *Instalación de punto dirección en techo de chimenea*

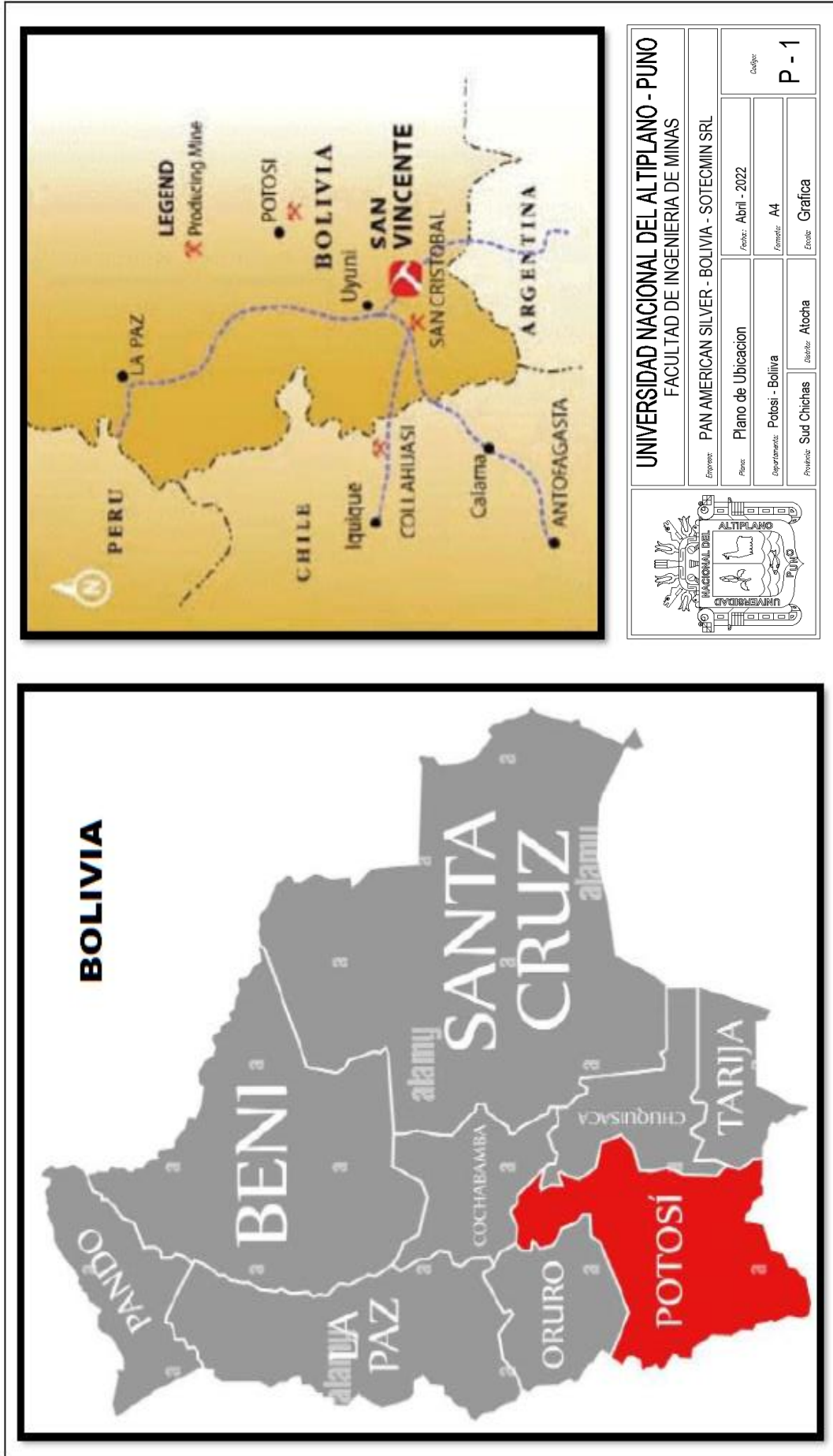


**Anexo 12.** *Comunicación de chimenea de longitud 182 m*



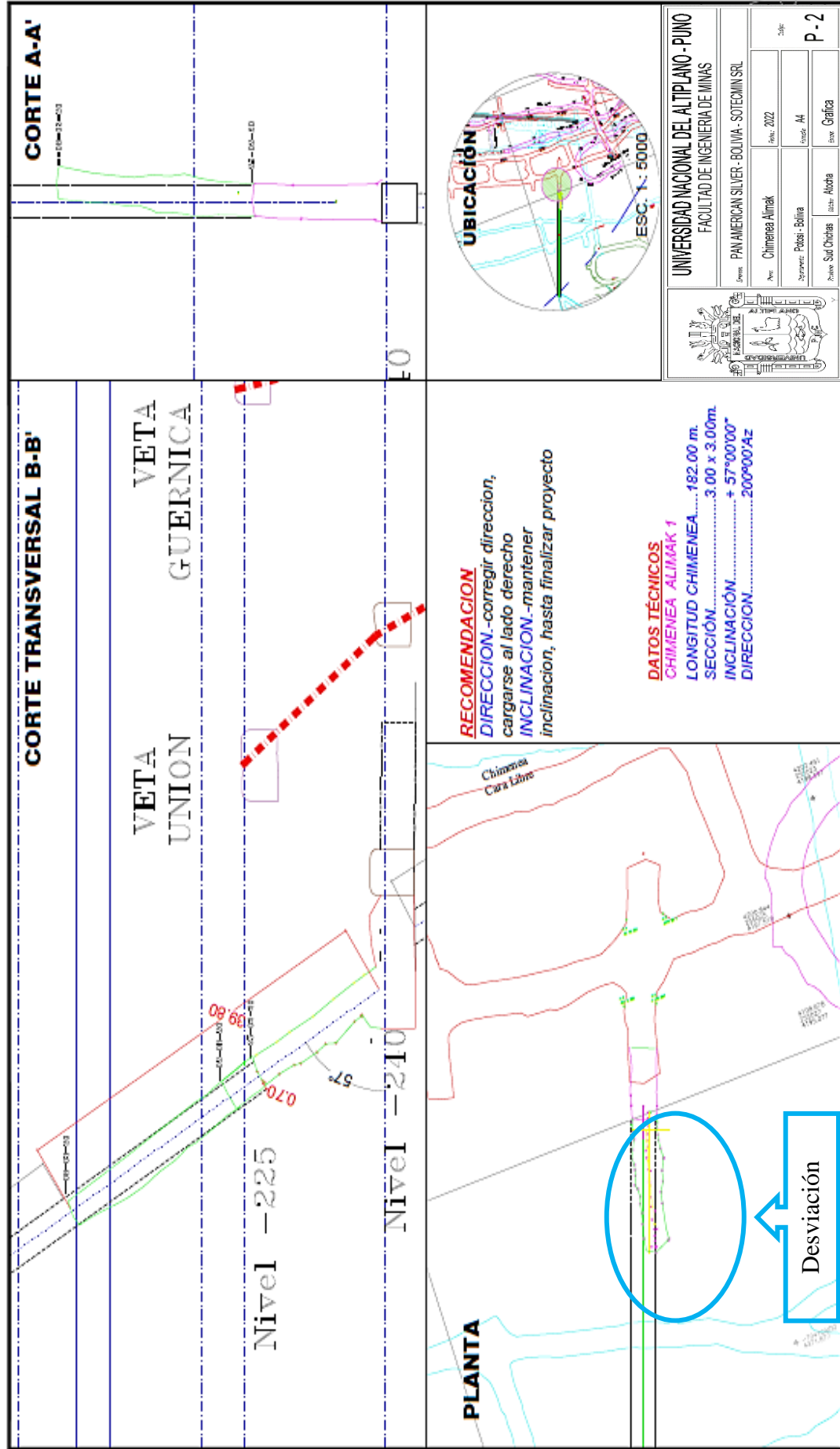


Anexo 13. Figura de ubicación de la Unidad Minera San Vicente

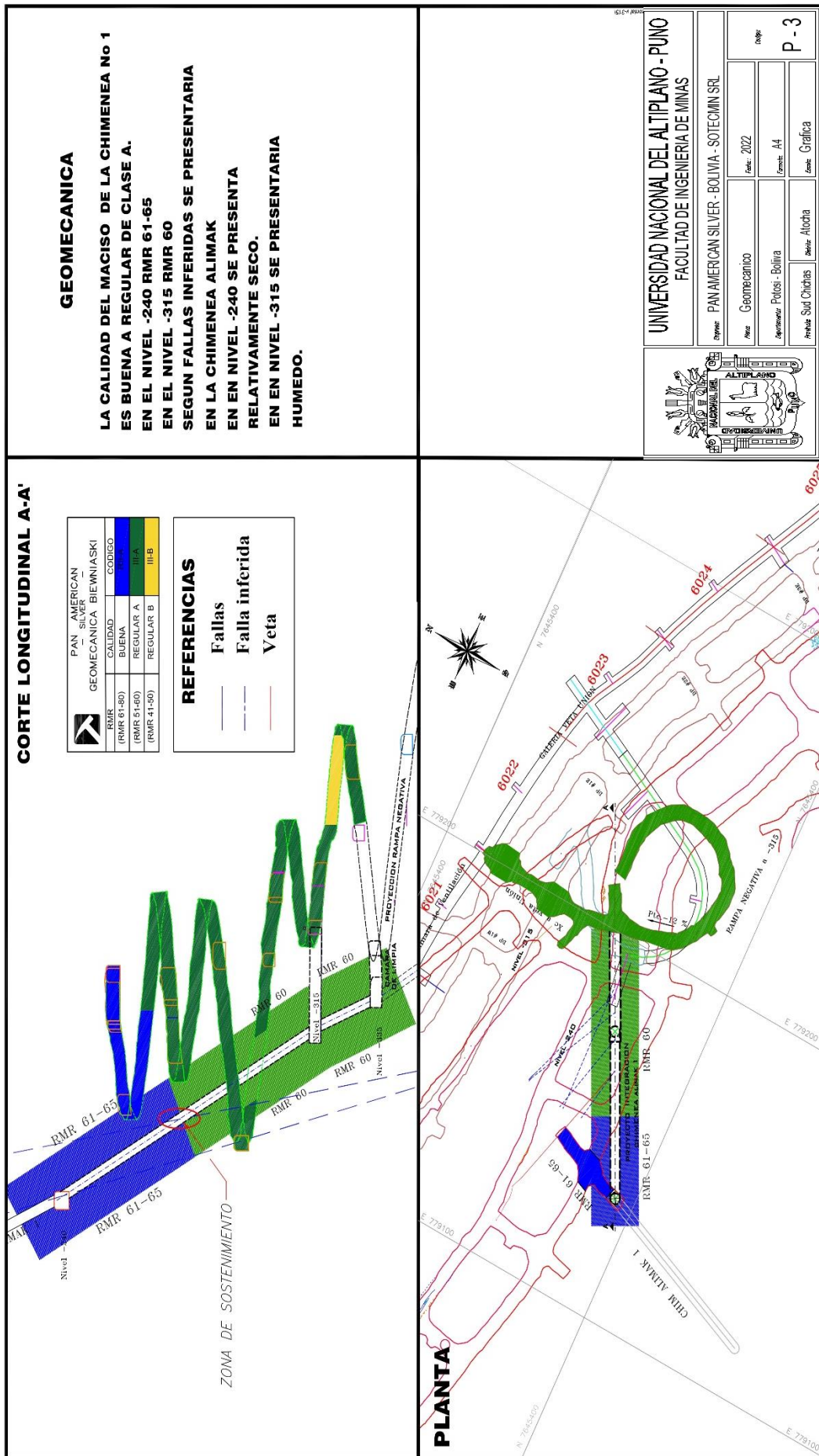




Anexo 14. Figura del plano de realización de chimenea de long. 182 m y desviación

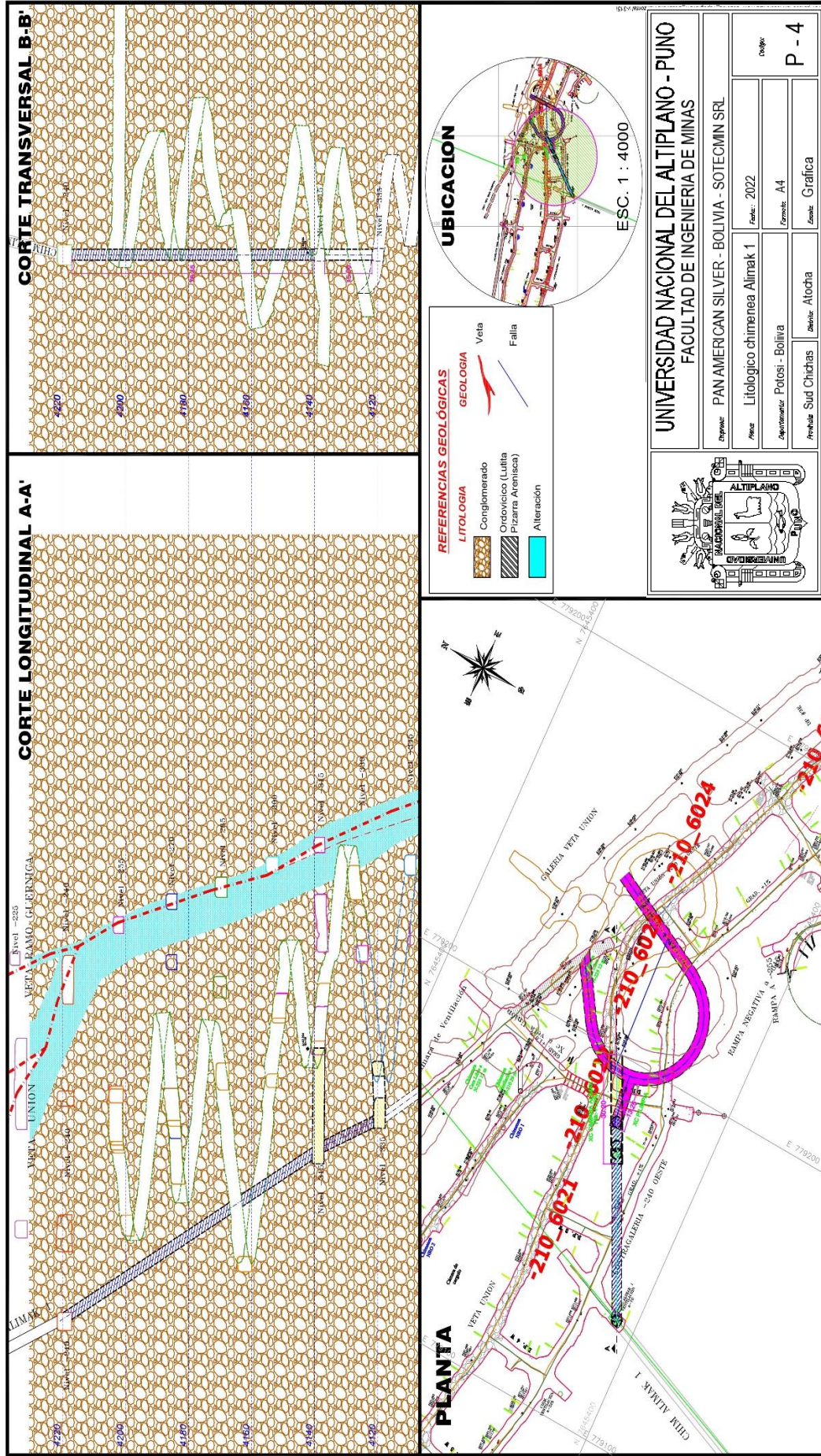


Anexo 15. Figura del plano geomecánico de chimenea Alimak 1





Anexo 16. Figura del plano litológico de chimenea Alimak 1.



Anexo 17. Mapeo de procesos

	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTION</b>  <b>MAPEO DE PROCESOS</b>	UM: SAN VICENTE - PAN AMERICAN SILVER BOLIVIA  Código: SG-STCM-01  Versión 01  Página 1 de 1
--	---	---

Miembros del Equipo: SOTECMIN SRL

ELABORADO POR: ALEX QUISPE QUISPE.

N°	AREA	PROCESO	SUB PROCESO	ACTIVIDADES	TAREAS
1	MINA	Construcción de Chimeneas Raise Climber	Preparación	Inspección de labor	Coordinación para ingreso a interior mina e inspección de área de trabajo
2					inspección con supervisión de mina, del area de ubicación del proyecto
3					inspección de dimensiones de cámara de equipo
4					inspección de cámara de acopio de material disparado
5				inspección de ubicación de tuberías de aire y agua	
6				Inspección de la labor verificando la ventilación	
7				Rellenar las herramientas de gestión	
8				Inspección de las barretillas	
9				Lavar el frente, techo y hastiales para identificar las rocas fracturadas	



10	Realizar el desatado con la barretilla posicionandose a 45° en avanzada
11	Realizar orden y limpieza al término del desate
12	Inspección de la labor verificando la ventilación
13	Inspección del tipo de sostenimiento en la cámara y sus accesos
14	Inspección de la limpieza del Piso
15	Llenado correcto de herramientas de gestión
16	Perforación de taladros para servicios
17	Instalación de Servicios: Agua, Aire, Iluminación, Ventilación
18	Instalación de Energía
19	Perforaciones en los hastiales para la instalación del tablero eléctrico
20	Preparación de la plataforma para estación de los carretes y los equipos
21	Preparación de espacio para Bombas de agua
22	Nivelación del suelo de la cámara alimak
23	Inspeccionar el equipo
24	Realizar desatado y redesatado de rocas sueltas en camara y accesos
25	Izaje y traslado de los carretes principal y auxiliar
26	Izaje y traslado de la Bomba de agua
27	Izaje y traslado de la caja de arranque
28	Izaje y traslado del equipo alimak y alicab con Scoop
29	Izaje y traslado de las jaulas alimak y alicab





30	Posicionar el equipo alimak y alicab en el lugar de descarga	
31	Izaje y traslado de Motores Eléctricos	
32	Izaje y traslado de máquinas de perforación y sus accesorios	
33	Izaje y traslado de plataforma de perforación y sus componentes	
34	Izaje y traslado de carriles curvos, guía, seguridad y de servicios	
35	Inspección de la operatividad del detector de gases	
36	inspección de la calidad, caudal del aire y la manga de ventilación	
37	Llenado de herrami9entas de gestion para inicio de otras actividades	
38	inspección de la presión del aire comprimido	Ventilación en chimeneas con plataforma trepadora alimak de accionamiento electrico
39	Inspección de valvulas de aire comprimido	
40	Inspección y ventilacion de la chimenea con aire comprimido	
41	Inspección y limpieza de la plataforma de alimak y alicab	
42	Verificar operatividad de radios de comunicación entre valvulero y perforista	
43	Comunicación entre perforista y valvulero para regular el envío de aire comprimido	
44	Realizar orden y limpieza	
45	inspeccion de area de trabajo y monitoreo de gases	
46	Inspección de orden y limpieza	
47	Llenado correcto de herramientas de gestión	

48	alimak (1° disparo)	Realizar desatado y redesatado de rocas sueltas en camara y accesos
49		Inspección de los equipos y accesorios de perforación
50		Bloquear el área de trabajo
51		Preparacion de plataforma de piso con carga y apoyo con scoop
52		Marcado de los puntos topograficos para el eje (rumbo) de la chimenea.
53		Instalación de central multiple para la perforación
54		Instalación de Servicios: Agua, Aire, Iluminación, Ventilación
55		Marcado de la malla de perforación según el estandar de chimenea alimak
56		Instalación de maquina perforadora Stoper accesorios
57		Perforación de taladros según la malla de perforación
58		Cebado, carguo de taladros con explosivos, confinamiento con anfo y uso de tapon de carton
59		Dejar abierta válvula de aire de la central multiple, desfogar el aire comprimido y cerrar válvula
60		Amarre con mecha rapida y chispeo para la voladura
61		Abrire válvula de aire comprimido una vez realizada la voladura
62		inspeccion de area de trabajo
63		llenado de herramientas de gestion
64		Realizar orden y limpieza
65	Realizar desatado y redesatado de rocas sueltas en camara y accesos	

66				Inspección de las herramientas y materiales para el armado de la plataforma de madera
67				Bloquear el área de trabajo
68				Instalar cachos de toro en techo y piso (lado izquierdo y derecho)
69				Armado de plataforma usando puntales y tablas de madera
70				Asegurar plataforma con clavos y soga
71				Colocar escalera asegurada a la plataforma
72				Marcado del eje topografico (topografía) para el rumbo de la chimenea.
73				Perforación de taladros según la malla de perforación
74				Cebado, carguio de taladros con explosivos, confinamiento con anfo y uso de tapon de carton
75				Dejar abierta válvula de aire de la central multiple, desfogar el aire comprimido y cerrar válvula
76				Amarre con mecha rápida y chispeo para la voladura
77				Abriir válvula de aire comprimido una vez realizada la voladura- de esta manera ya se tendria la altura suficiente para el anclaje de carriles curvos
78			Montaje, armado de carriles curvos de acuerdo a inclinacion del proyecto, presentación y anclaje de carriles curvos	inspeccion de area de trabajo
79				correcto llenado de herramientas de gestion
80				Realizar orden y limpieza
81		Instalación		Realizar desatado y redesatado de rocas sueltas en camara y accesos
82				Instalar cachos de toro en techo y piso (lado izquierdo y derecho)
83				Armado de plataforma usando puntales y tablas de madera



84	en la chimenea piloto	Marcado del eje topografico en techo de chimenea piloto y techo de la camara de estacion
85		Perforacion de taladros en techo camara y techo piloto
86		Instalacion de pernos con argolla y cabeza de expansion en techo piloto y techo de camara de estacion
87		Armado de carriles curvos en camara de acuerdo a inclinacion del proyecto
88		Colocar tecla en argolla de chimenea piloto y otro tecla en argolla deltecho de la camara
89		Realizar izaje y presentacion de los carriles curvos
90		Rectificacion de la inclinacion y direccion de los carriles con clinometro y nivel de mano
91		Anclaje de los carriles curvos con pernos de expansion
92		Retiro de teclas y plataforma de madera
93		Limpieza del desmonte con scoop
94		inspeccion de labor, ventilacion y monitoreo de gases
95		llenado de herramientas de gestion y orden de trabajo
96		Realizar orden y limpieza
97		Bloquear el area de trabajo
98		Realizar desatado y redesatado de rocas sueltas en camara y accesos
99		Marcado del eje topografico en el techo de la camara de estacion
100		Izaje y presentacion de carriles guia y de servicio de acuerdo a eje del proyecto
101	Anclaje de los carriles guia, con super bracket al inicio de curva y de servicios con pernos de expansion	
102	Levantamiento y ubicacion del "H" en el carril	



103	Ajuste de pernos, previo esaciamiento con espaciadores entre techo y carril si lo requiere	
104	Inspeccion del area laboral, ventilacion y monitoreo de gases	
105	llenado de orden de trabajo y herramientas de gestion	
106	Realizar orden y limpieza	
107	Bloquear el área de trabajo	
108	Realizar desatado y redesatado de rocas sueltas en camara y accesos	
109	Colacar tecles en argollas del techo de la camara	
110	Levantar con teclé al carril la transmision del equipo principal y la transmision del equipo auxiliar	Montaje del equipo principal y auxiliar
111	Levantar con teclé al carril la plataforma del equipo principal y la plataforma del equipo auxiliar	
112	Levantar con teclé al carril la jaula del equipo principal y jaula del equipo auxiliar	
113	llenado e aceite de transmicion, a las transmisiones de equipo principal y auxiliar	
114	Instalaciones electricas de todos los componentes en equipos principal y auxiliar	
115	Pruebas de funcionamiento electrico en equipos principal y auxiliar	
116	Pruebas de funcionamiento de los servicios de agua y aire	
117	inspeccion de area de trabajo y monitoreo de gases	
118	llenado de herramientas de gestion	
119	Realizar orden y limpieza	
120	Bloquear el área de trabajo	Instalacion de carretes y energizado de cable electrico



121	Realizar desatado y redesatado de rocas sueltas en camara y accesos	
122	Realizar entablado de la camara de estacion	
123	Con apoyo de scoop trasladar los carretes hacia la camara de estacion	
124	Ubicacion de las taboras principal y auxiliar	
125	Realizar la correcta ubicacion de los carretes `principal y auxiliar	
126	Realizar el anclaje de los carretes al piso usando pernos helicoidales y/o de anclaje	
127	Realizar instalaciones electricas de las taboras a los equipos principal y auxiliar	
128	Pruebas de funcionamiento electrico de las taboras en equipos principal y auxiliar	
129	inspeccion de area de trabajo, monitoreo de gases	
130	rellenado de herramientas de gestion	
131	Inspeccion de orden y limpieza eliminar condiciones sub estandar	
132	Inspeccionar la entrada y vias de acceso al lugar de trabajo	
133	Realizar desatado y redesatado de rocas sueltas en camara y accesos	Estandarizacion de camara de estacion
134	Verificar si estan en condiciones las herramientas, equipos y materiales	
135	Cumplir los PETS y Estandares usar adecuadamente los EPPs	
136	Instalacion de alcaayatas en los hastiales, instalacion de asientos de madera	

137	Estandarización de percheros para barretillas y percheros para herramientas		
138	Estandarización de camilla, lavaojos, extintor, botiquin y letreros en toda la camara y sus accesos		
139	Estandarización de cajas de madera para el almacenamiento de herramientas y materiales		
140	Estandarización de cajas de madera para almacenamiento de explosivos		
141	inspeccion de de ventilacion en area de trabajo y monitoreo de gases		
142	rellenado de herramientas de gestion en operaciones mina		
143	Inspeccionar el área de trabajo realizar orden y limpieza		
144	Bloquear el área de trabajo		
145	Realizar check list a los equipos principal y auxiliar e inspeccionar todos sus componentes	Ascenso con plataforma trepadora alimak de accionamiento electrico	
146	Uso de arnes de seguridad con linea de anclaje		
147	Ingresar al equipo principal	Ejecución	
148	Comunicación ente perforista y valvulero para energizar equipo y ascender a chimenea		
149	Comunicación entre perforista y valvulero para desenergizar equipo en tope de chimenea		
150	Asegurar plataforma del equipo accionando el freno de estacionamiento		
151	Ascenso del personal de la jaula a la plataforma del equipo		
152	Anclarse con la linea de vida al anclaje de la plataforma		
153	Inspección del Área de trabajo, ventilacion y monitoreo de gases	Intalación del guardacabeza	

154	en la plataforma trepadora alimak de accionamiento electrico	rellenado de herramientas de gestion, check lis de equipos y herramientas de perforacion
155		Bloquear el área de trabajo
156		Inspección de parantes, pasadores, guarda y todos los componentes del guardacabeza en la camara
157		Traslado de todos los componentes del guardacabeza a la plataforma del equipo en la camara de estación
158		Instalación de los parantes y sus pasadores al equipo principal en la cámara de estación
159		Instalación de la guarda o techo protector en los parantes
160		Ascender con la plataforma a la chimenea
161		Girar, posicionar y ajustar el techo protector en dirección al techo de la chimenea
162		Inspeccionar el área de trabajo
163		rellenado de herramientas de gestion y check list
164		Bloquear el área de trabajo
165		Uso de arnes de seguridad con linea de anclaje
166		Inspección de las barretillas para desatado
167		Inspección del techo protector o guardacabeza en la plataforma del equipo principal
168	Inspección de los Servicios: Agua, Aire, energía, inspeccionar tercera línea funcionando	
169	Colocar guidores de cable a los carriles guía	
170	Regado de todo el frente de la chimenea	
171	Identificación y eliminación de tiros cortados, sopladados y fallados	



172	Desatado del techo (ubicarse debajo del guardacabeza) de la chimenea con barretillas de desate			
173	Desatado de los hastiales de la chimenea con barretillas de desate			
174	Retirar los bancos que cubren la plataforma de perforación			
175	Retirar los guidores de cable colocados en los carriles guía			
176	Inspeccionar el área de trabajo, ventilación y monitoreo de gases			
177	rellenado de herramientas de gestión con las que se cuenta			
178	Bloquear el área de trabajo			
179	Uso de arnes de seguridad con línea de anclaje			
180	Inspección de la máquina perforadora jackleg y sus accesorios	Anclaje de carriles guía en la columna de la chimenea		
181	Ascenso a la chimenea y desatado de rocas del techo y la columna	sobre plataforma trepadora		
182	Retiro del cabezal de disparo	alimantado de accionamiento eléctrico		
183	Colocar oring en carril y hacer pasar cable de disparo			
184	Presentar el carril guía a continuación del último carril y sujetar con pernos			
185	Colocar cabezal de perforación en el último carril			
186	Instalar mangueras a la máquina perforadora			
187	Posicionar en la dirección e inclinación del proyecto el último carril con nivel de mano y clinómetro			
188	Armado de braket y ángulo y empatar en los orificios de anclaje del último carril			
189	Perforación de taladros en el techo de la chimenea			

190	Asegurar el carril con los pernos de expansión	
191	Inspeccionar el área de trabajo equipos, herramientas y monitoreo de gases	
192	Llenado correcto de herramientas de gestion	
193	Bloquear el área de trabajo	
194	Uso de arnes de seguridad con linea de anclaje	
195	Inspección de la maquina perforadora jackleg y los componentes para el sostenimiento	
196	Realizar check list a los equipos principal y auxiliar e inspeccionar todos sus componentes	Sostenimiento con perno split set con máquina
197	Ascenso a la chimenea y desatado de rocas del techo y la columna	Jack Leg sobre plataforma
198	Pintado de los puntos donde se colocarán los pernos split set con plantilla o palncha	trepadora
199	Instalación de cabezal de perforación y mangueras de aire y agua	alimak de accionamiento electrico
200	Perforación perpendicular al terreno de los taladros para instalación de pernos split set	
201	Instalar el perno split set con la plantilla y con el adaptador empujar con la maquina	
202	Comunicación entre perforista y valvulero para cerrar valvulas de aire y agua	
203	Desinstalar cabezal de perforación en el ultimo carril y colocar cabezal de disparo	
204	Ordenar materiales de sostenimiento que estan sobre la plataforma del equipo principal	
205	Inspeccionar el área de trabajo como: herramientas equipo y monitoreo de gases	Perforación con máquina stoper en chimenea
206	Llenado correcto de herramienats de gestion	



207	sobre plataforma trepadora alimak de accionamiento electrico	realizar orden y limpieza	
208		Bloquear el área de trabajo	
209		Uso de arnes de seguridad con línea de anclaje, anclándose en un punto fijo de la plataforma	
210		Inspección de las maquinas perforadoras stoper, accesorios de perforacion y la bomba de agua	
211		Realizar check list a los equipos principal y auxiliar e inspeccionar todos sus componentes	
212		Inspección del techo protector o guadacabeza en la plataforma del equipo principal	
213		Ascenso a la chimenea y desatado de rocas del techo y hastiales	
214		Marcado de la malla de perforación según el estandar de chimenea alimak	
215		Posicionar maquinas perforadoras en la plataforma	
216		Instalaciones de aire y agua al cabezal de perforación, verificar la presión	
217		Perforación de todos los taladros de acuerdo a la dirección e inclinación de la chimenea	
218		Desinstalación de las mangueras de aire y agua	
219		Desinstalar cabezal de perforación en el ultimo carril y colocar cabezal de disparo	
220		Comunicación entre perforista y valvulero para cerrar valvulas de aire y agua via radio	
221		Descenso de la chimenea en la jaula principal	
222		Inspeccionar el área de trabajo, ventilacion y monitoreo de gases	
223		llenado correcto de herramientas de gestion	
224		realizar orden y limpieza del area laboral	
		Cebado, traslado de explosivos y carguío de	



225					Bloquear el área de trabajo
226					Uso de arnes de seguridad con línea de anclaje
227					Realizar check list a los equipos principal y auxiliar e inspeccionar todos sus componentes
228					Traslado de explosivos y accesorios del polvorín a la cámara de estación por parte de compañía
229					Usar punzon de cobre o madera para perforar los cartuchos de dinamita según los taladros a cargar
230					Insertar los fanel en cada uno de los cartuchos perforados
231					Preparar tapones de cartón si lo requiere
232					Ascenso a la chimenea en la jaula principal
233					Colocar y taquear con atacador las primas en los taladros
234					Cargar la columna del taladro con emulnor 3000
235					Coloca los tapones de cartón y taquear
236					amarre con mecha rápida con los conectores del carmix
237					Conectar el cable de disparo con el alambre de níquel y la mecha rápida
238					Descenso de la chimenea en la jaula principal
239					Inspeccionar el área de trabajo ventilación y monitoreo de gases
240					correcto llenado de herramientas de gestión
241					realizar orden y limpieza en el área de trabajo
242					Bloquear el área de trabajo
243					Uso de arnes de seguridad con línea de anclaje
244					Realizar check list a los equipos principal y auxiliar e inspeccionar todos sus componentes
	taladros en chimenea sobre plataforma trepadora alimak de accionamiento eléctrico				
	Descenso del tope de la chimenea con plataforma trepadora alimak de accionamiento eléctrico				



245	Comunicación entre perforista y valvulero para energizar equipo	
246	Comunicación entre perforista y valvulero para cerrar servicios de agua y aire via radio	
247	Instalación del cabezal de disparo	
248	Colocación de perforadoras en collarin de barreno instalado en plataforma	
249	Levantar ala de plataforma de perforación asegurar con cadena	
250	Bajar de la plataforma a la jaula del equipo principal y anclarse	
251	Soltar freno de estacionamiento del equipo principal	
252	Descender con la jaula trepadora usando freno de pie para controlar la velocidad	
253	Usar guidores de cable electrico patra evitar que se enrede el cable electrico en los espaciadores	
254	Inspeccionar el área de trabajo, ventilacion y monitoreo de gases	
255	Llenado correcto de herramientas de gestion	
256	realizar orden y limpieza del area de trabajo	
257	Bloquear el área de trabajo	Disparo electrico en chimeneas alimak
258	Evacuación del personal y equipos fuera del area de disparo	
259	Dejar abierta válvula de aire de la central multiple, desfogar el aire comprimido y cerrar valvula	
260	Inspeccionar que el sistema de inicio de voladura este desenergizado	
261	Antes del inicio del chispeo coordinar con las labores aledañas	



262			Chispear los alambres colocandolos en la fuente de ignición que iniciará el chispeo
263			Iniciar el chispeo de acuerdo a los horarios de voladura
264			Esperar a que caiga la botella que avisa que se ha iniciado correctamnete el chispeo en la chimenea
265			Abrir valvula de aire comprimido una vez realizada la voladura
266			Inspeccionar el área de trabajo, ventilacion y monitoreo de gases
267			Llenado correcto de herramienats de gestion y orden de trabajo
268			realizar orden y limpieza en el area laboral
269			Bloquear el área de trabajo
270			Uso de arnes de seguridad con linea de anclaje
271			Realizar check list a los equipos principal y auxiliar e inspeccionar todos sus componentes
272			Comunicación entre perforista y valvulero para energizar equipo
273		Desinstalación y desmontaje de carriles guía	Ascenso a la chimenea en la jaula del equipo principal
274			Desatado de rocas del techo, hastiales y toda la columna de perforación
275			Colocar tapon hermetico en boca de chimenea
276			Desmontaje de carriles de la comunicación de la chimenea
277			Desmontaje de pernos de expansion, brackets, espaciadores, pernos de grado y orings
278			Instalar solo 4 carriles en la plataforma del equipo
279			Descender con la jaula trepadora usando freno de pie para controlar la velocidad



280	Lavar, limpiar y apilar todos los carriles, pernos y demas componentes en zona adecuada	
281	Inspeccionar el área de trabajo, ventilacion y monitoreo de gases	
282	correcto llenado de herramientas de gestion	
283	realizar orden y limpieza del area de trabajo	
284	Bloquear el área de trabajo	
285	Realizar check list a los equipos principal y auxiliar e inspeccionar todos sus componentes	
286	Inspección de las herramientas, equipos y materiales a usar para el desmontaje	
287	Retirar los pernos que sujetan la jaula principal,desmontar la jaula y colocarla en zona adecuada	
288	Retirar los pernos que sujetan la jaula auxiliar y desmontar la jaula y colocarla en una zona adecuada	Desinstalacion y desmontaje de equipos principal, auxiliar y componentes.
289	Retirar los pernos que sujetan la plataforma de perforación y desmontar la plataforma con su ala	
290	Colocar la plataforma de perforacion y su ala en una zona adecuada	
291	Colocar 2 teclas con su cadena en las argollas de los pernos de expansion	
292	Con apoyo de tecla y su cadena desmontar el motor principal y el motor auxilair	
293	Con apoyo de tecla y soga desmontar el carril de servicio y la transmision principal en camara de estacion	
294	Con apoyo de tecla y soga desmontar el carril de guia y la transmision auxiliar en camara de estacion	
295	Desmontar las transmisiones principal y auxiliar para su mantenimirento post comunicacion	



296

Retirar los tecler de la camara de estacion y retirar los  
pernos de expansion con argolla



## Anexo 18. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Alex Quispe Quispe  
identificado con DNI 70240793 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería de Minas  
informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

"Control de la desviación en la construcción de chimenea con plataforma trepadora Alimak  
en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver - Bolivia"

"Es un tema original.


Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 03 de mayo del 2023

  
FIRMA (obligatoria)



Huella





## Anexo 19. Autorización para el depósito de tesis de investigación en repositorio



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Alex Quispe Quispe  
identificado con DNI 70340743 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería de Minas  
informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado

Título Profesional denominado:

Control de la desviación en la construcción de chimenea con plataforma trepadora Alimax en la Unidad Minera San Vicente Pan American Silver - Bolivia

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.


En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 03 de mayo del 2023

  
FIRMA (obligatoria)



Huella